جـامعـة الأزهـــــر

كليـــة الزراعـــــة

قسم النبات الزراعى

الأرصـــــاد الجويـــــة





الأستاذ الدكتور

أحمد محمد الشاذلى

بسم الله الرحمن الرحيم

مقدمة



نسمع كثيرا أننا نعيش في عصر الفضاء وعصر الصواريخ وغزو الإنسان للفضاء ونزوله على القمر والمريخ وما تبعه من محاولات لغزو الكواكب الأخرى منذ عام ١٩٦٢ وذلك لتحليل محتويات هذه الكواكب ومعرفة طبيعة تكوينها وإمكانية وجود مقومات للحياة عليها أم لا ، وذلك لتأكيد مانسمعه ويعتقده الكثيرون عن وجود حياة في عوالم أخرى غير الأرض .

ولتوضيح هذه المفاهيم فإنه إذا نظرنا الى السماء فإننا نرى تلك النقاط اللامعة التي نسميها نجوما ترنو إلينا من عليائها فنتساءل عن هذا الكون العجيب الذى نعيش فيه ، ونود أن نعرف عنه مايجعلنا نتتبع مانسمعه وما نقرؤه في الصحف والمجلات وما نراه على شاشات التلفيزيون ومواقع الإنترنت عن هذه الموضوعات بفهم وإدراك ونبحث عن كتاب أو معلومة تشبع رغبتنا وتعطينا فكرة عامة عن الكون دون أن نرهق أنفسنا ببحوث الفلك ومعادلاته الرياضية التي غالبا ماتكون معقدة للوصول الى حسابات فلكية محددة ويصعب فهم هذه المعادلات الا للمتخصصين في هذا العلم .

ونظرا للتقدم العلمى والتطور السريع في مجال العلوم والإتصالات فسوف نحظى في هذا العصر بالعديد من الإكتشافات العلمية المثيرة والتي تفوق أية إكتشافات صادفها أهل العصور السابقة . وسوف يكون بعض هذه الإكتشافات العلمية في مجال " الميتورولوجيا " أو مجال دراسة الجو بطبيعة الحال ، ونحن نستطيع أن نرى باكورة هذه الإكتشافات الخلابة في علم الأجواء وهي ناحية تهم كل إنسان .

إذ مهما كانت طبيعة عملك فإن حياتك تتأثر ولا شك تأثراً كبيرا بالجو وتقلباته ، فمن منا لا يتأثر بتلك التغيرات التي تحدث في الجو المحيط بنا ، ولذلك فإنه كلما زاد فهمنا لهذه التقلبات والوقوف على

حقيقة أمرها كان في إستطاعتنا إستغلالها لمصلحتنا لتكون خيرا لنا بدلا من أن تكون شرا علينا .. ومع ذلك فإنه توجد بعض الظواهر الجوية التي لانستطيع السيطرة عليها إطلاقا أو التحكم فيها وتكون ذات قوة مدمرة مثل الأعاصير التي تجتاح مناطق كثيرة من العالم مخلفة وراءها كميات من الدمار للمنازل والمزروعات والممتلكات ولقد نجح الإنسان بعض الشئ في السيطرة على عناصر من الجو ولكن في حدود ضيقة جدا ومع التقدم العلمى والقفزات الهائلة للتكنولوجيا نتمنى أن نستطيع الإستفادة من هذه الطاقات الهائلة الموجودة في الجو المحيط بنا أفضل إستفادة .

وهناك أسباب عديدة تدعونا الى القول بأن أعمال خبراء الطقس تزداد أهمية من يوم لآخر . وتتطلع اليها تلك الجموع المتزايدة من البشر على الأرض ، فكلما إزدادت سرعة مواصلاتنا وإتسعت مجالات صناعاتنا وتجارتنا زاد إهتمامنا بمعرفة الجو وتقلباته . كذلك إنتقال العديد من الأصناف النباتية بواسطة الإنسان من بيئتها الطبيعية الى بيئات جديدة قد تختلف معها في الظروف المناخية فكان لزاما على الإنسان أن يحاول توفير بيئة قريبة إن لم تكن مماثلة لنفس بيئة تلك النباتات من حرارة ورطوبة وإضاءه تتناسب مح إحتياجات تلك النباتات .

وسوف نفسر في الأبواب القادمة أهم الظواهر الجوية وكيفية التعرف عليها وتأثيرها علينا سلبا وإيجابا وكذلك على مواردنا الطبيعية وما يتبعها من تأثير على الحيوان والنبات والحشرات سواء النافع منها والضار وكذا تأثيرها على البيئة الزراعية وتكوين التربة وتأثير ذلك كله على الإنسان.

وإننى إذ أقدم هذا الكتاب لأبنائى ولكل المهتمين بمجال البيئة الزراعية وارتباطها بالظروف الجوية متمنيا لهم أقصى إستفادة منه للنهوض بالإنتاج الزراعي لسد إحتياجاتنا الغذائية وتقليل الفجوة الغذائية التي تعانى منها البلاد . أدعو الله أن يجعل هذا العمل في

ميزان حسناتنا يوم أن نلقاه وأن يرحم والدىَّ وكل من علَّمنا حرفا أو له حق علينا في الوصول الى ماوصلنا اليه من علم ومكانة . وأن يرحم أساتذتى بالقسم والذين أعطونى من علمهم الكثير ولم يبخلوا بعلم أو جهد أو فكر الا وأوصلوه الينا . رحمهم الله وجعل مأواهم الجنة .

أ.د./ أحمد محمد الشاذلى
أستاذ أمراض النبات ورئيس قسم النبات الزراعى

الباب الأول
علم الفلك كمدخل لعلم الأرصاد الجوية

إنه لمن دوا عى الدهشة أن ينظر الإنسان إلى الشمس ويعلم أنها تشرق وتغرب ويعلم أيضا أن هناك قمراً يدور حول الأرض وينظر إلى السماء فيجد ملايين النجوم بها ولكنه لايعرف إلا القليل عن الأرض التي يعيش عليها ويسكن فيها ولا يعلم أين موقعها ولا أنها تتحرك بسرعة كبيرة جدا ولكن بهوادة بحيث لانشعر بحركتها على الإطلاق . ومما يجعلنا لانحس بحركة الأرض أن كل شيء عليها يتحرك معنا بما في ذلك الهواء والسحب ونحن لاندرك هذه الحركة إلا بملاحظة الشمس والنجوم لأن الحركة لايمكن إدراكها إلا بإسنادها الى شيء ثابت أو متحرك بسرعة أخرى . ومعظمنا مرت به هذه التجربة وهو أن يكون راكبا قطار يقف بجواره قطار آخر وإذا به يرى القطار الآخر يبدأ في التحرك إلى الخلف بهدوء ثم ينظر من النافذة التي بالجانب الآخر وإذا به يرى أن المنازل والأشجار تتحرك هي أيضا للخلف . عندئذ يدرك أن قطاره هو الذى يتحرك وأن القطار الآخر لايزال ساكنا في مكانه .

وهذا يفسر ماكان يعتقده حكماء العصور القديمة بأن الأرض ثابتة لا تتحرك ولكن الشمس والقمر والنجوم هم الذين يتحركون ويدورون حول الأرض ، وهذا مايبدو ظاهرياً فقط لأننا نعلم أن دوران الأرض حول نفسها هو الذى يجعل الشمس والنجوم تبدو وكأنها تدور حول الأرض . ولكن ذلك لايعطينا أفضلية عن هؤلاء الحكماء حيث أننا لانزيد عنهم في شيء إلا أننا وقفنا فوق أكتافهم بأخذنا علمهم والمعلومات التي جمعوها وأضفنا إليها علمنا ومعرفتنا ، كما أنه أصبح لدينا ثورة علمية في جميع المجالات تم تسخيرها لخدمة العلماء ، فوجود المراصد والتليسكوبات أو المناظير الفلكية والتي يمكن إستخدامها في رؤية العديد من الأجرام السماوية يزيد كثيراً جداً على تلك التي يمكن أن تراها بالعين المجردة ، كما يجعلها تبدو أقرب كثيرا وأكبر مما يمكن تمييزها بكافة وسائل

العلم الحديثة مثل الأقمار الصناعية وإرسال سفن الفضاء إلى مدارات تلك الأجرام قد مكننا ذلك من جمع معلومات أكثر عن الكون الذى نعيش فيه ، وذلك لم يكن متاح في العصور القديمة حتى عصر جاليليو . كما أن محاربة الكنيسة لما يخالف معتقداتها جعلت معظم علماء العصور القديمة في طيِّ النسيان لعدم إستطاعتهم إظهار إكتشافاتهم أو الجهر بأرائهم ونظرياتهم وإلا تعرضوا لشتى أنواع التعذيب . أما الآن فإن العقول البشرية لديها الإستعداد لتصديق أي إكتشاف وتَقَبُّل جميع المعلومات التي يمكن أن تنقل اليهم حتى ولو كانت تعتبر أساطير في الماضى .

ومن هنا نلاحظ أن تطور علمنا بجو الأرض كان بطيئا جداً بالقياس إلى تطور علمنا بالكون الخارجي . فمنذ نشأة الإنسان وهو يتطلع إلى السماء ويراقب حركتها ويتابعها . فعندما نتجول ببصرنا في السماء عقب غروب الشمس ونرى أول نجم يلمع في عتمة الليل المبكر وكأنه مصباح كهربائى أضاءته يد خفية ثم يخيم الظلام ببطْء وتظهر نجوم كثيرة نجما بعد آخر حتى لانتمكن من حصرها وتعطى هذه النجوم منظراً من أجمل وأبدع المناظر الطبيعية خاصة إذا كانت في ليلة غير مقمرة وكنا بعيدين عن أضواء المدينة التي تقلل من وضوح النجوم .

ولقلة المعلومات عند البعض فهم يتوقعون ان النجوم لاتلمع إلا ليلا ولكنها تلمع ليلا ونهارا ، والسبب الوحيد في أننا لانراها نهاراً هو أن السماء الزرقاء تكون شديدة الضياء نهاراً بحيث يطغى نورها على لمعان النجوم .

وعندما نتأمل السماء نجد أنها تبدو كقبة كبيرة فوق رؤوسنا وأن النجوم مثبتة في هذه القبة الهائلة والنجوم لاتبدو بعيدة جداً بل يخيل الينا أنها على بُعْد ميل أو ميلين على الأكثر ، ومن العجب أيضا أنها تبدو لنا على بعد واحد تقريبا بالرغم من تألق بعضها وخفوت البعض الآخر . وإذا تأملنا النظر جهة الشمال

فإننا نجد وعاء الدب الأكبر وهو مكون من سبعة نجوم لامعة ، ثم يتنقل بصرنا من نجم لامع الى آخر حتى تستقر أعيننا على أروع وأجمل منظر في السماء وهو ذلك الحزام الأبيض العريض الخافت الذى يمتد خلال السماء كلها ويقسمها إلى نصفين متساويين وهذا الحزام هو الذى يعرفه العامة في مصر باسم " درب التبانة " والذى كان العرب يسمونه " المجرة " كما كانوا يصفونه " بأم النجوم " وهذا ماسنسميه نحن " بحزام المجرة " . ولذلك نعلم أن حزام المجرة يحتوى على ملايين النجوم ولكننا مهما حاولنا فلن نستطيع أن نُمَيِّز كل منها على حِدَه .

فكلمة **مجرة** Galaxy تطلق الآن على كل مدينة نجمية وهى تتألف من آلاف الملايين من النجوم .

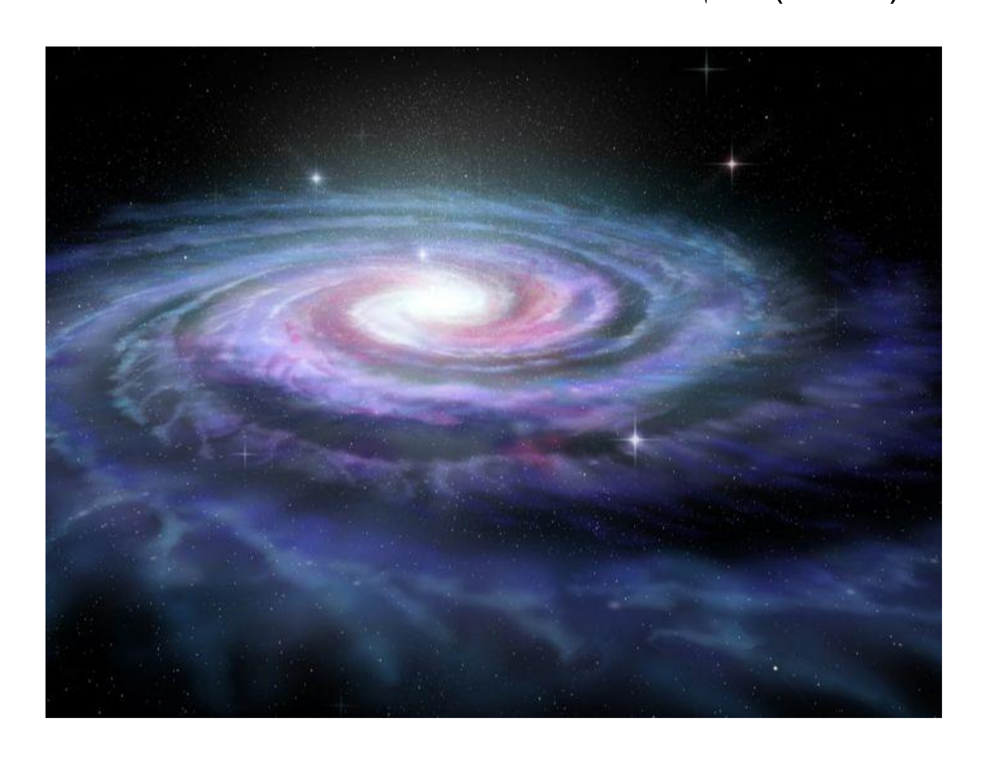
و**النجم** Star هو ذلك الجرم السماوى المتوهج والذى يضىء بذاته والذى تدور حوله الكواكب .أى أن شمسنا نجم كما أن كل النجوم شموس .

أما **الكواكب** Planets فهى أجرام سماوية باردة وهى لاتضىء بذاتها ولكن تضىء بواسطة الضوء المنعكس إليها من الشمس التي تدور تلك الأجرام حولها .

وتقارب النجوم في مجرتنا حتى أنها تبدو متجاورة ومتتابعة بدرجة مثيرة وكأنها تبن منثور فذلك مادفع العرب الى تسميتها " درب التبانة " أما الإغريق فقد تخيلوا هذا الحشد النجمى وكأنه طريق ينسكب عليه اللبن فأطلقوا عليه الطريق اللبنى " Milky way" .



(شكل ١) حزام مجرة درب التبانة



(شكل ٢) مجرة درب التبانة

وفى الحقيقة إن هذه النجوم تبعد عن بعضها بمسافات تعجز وحدات حسابنا وقياسنا المعروفة عن تقديرها ولذلك إبتكر العلماء مايعرف بالسنة الضوئية " وهى تعنى المسافة التي يقطعها شعاع الضوء خلال سنة ميلادية .

فإذا كانت سرعة الضوء تساوى ١٨٦ الف ميل في الثانية فإنه حسابيا نجد أن السنة الضوئية تساوى ٦ مليون مليون ميل تقريبا .

وإذا تصورنا أن سفينة فضاء قد إنطلقت بسرعة الضوء فإنها تحتاج الى أربع سنوات وثلث لكى تصل إلى أقرب النجوم الينا وتحتاج الى ١٠٠ ألف سنة لكى تصل إلى نجوم مجرتنا ، وإذا علمنا أيضا أن مركبتى الفضاء فوييجر ١&٢ منطلقتان منذ أكتوبر ١٩٧٧ ويوليو ١٩٧٨ وكان من المفترض أن يظل برنامجهما حتى عام ٢٠١٥ لإكتشاف مايحيط بالمجموعة الشمسية فقط . وإذا علمنا أن المسبار فوييجر ٢ قد غادر المجموعة الشمسية يوم ٥ نوفمبر ٢٠١٨م أي بعد ٤١ سنة وثلاثة أشهر تقريبا منذ إنطلاقه من سطح الأرض ، إذاً فما هو حجم الكون .

ولقد أمدتنا السفينتان بمعلومات كثيرة جداً خلال مشوارهما داخل المجموعة الشمسية ، فكل بضعة أيام يتم يتم إكتشاف عالم جديد ولكن دون وجود أثر للحياة على العوالم المكتشفة ، وقد يكون ذلك على أحد الكويكبات التي تتبع المجموعة الشمسية أو في الفضاء السحيق خارج المجموعة الشمسية . وقد إكتشفت المركبة فوييجر ٢ أحد الكواكب العملاقة ويمكنه أن يسع ألف كوكب مثل الأرض ويشتمل باطنه على هيدروجين سائل وذو درجة حرارة عالية جدا

كما أن أهم إكتشافاتها في نهاية القرن الماضى والتي تمت بمحض الصدفة هو إكتشاف منظومة كوكبية أصلية حول نجم لم يكن متوقعاً ويبعد عن الأرض بحوالي ١٣٠٠ سنة ضوئية . وذلك طبقاً للتقنيات العالية المزود بها المسبار .

وهذا النجم هو البُلْسَار ويطلق عليه إسم B1257 + 12 وهو نجم نيترونى سريع الدوران وشمس شديدة الكثافة بصورة لاتصدق . كما أنه بقايا نجم ضخم تعرض لإنفجار السوبرنوفا . وهو يدور مرة كل ٠,٠٠٦٢١٨٥٣ ثانية تقريبا بمعدل مقاس بدقة عالية ويدفع هذا البلسار ١٠ آلاف دورة كل دقيقة .

وقد وجد أن هذا النجم تنطلق منه موجات راديو تجاه الأرض تقدر بـ ١٦٠ خفقة كل ثانية . وقد فسرها العالم الكسندر فولزتشان عام ١٩٩١م على أنها حركة انعكاسية دقيقة للبلسار إستجابة لوجود الكواكب . وفى عام ١٩٩٤م تأكد فولزتشان من التفاعلات الناجمة عن الجاذبية المتبادلة والمتوقعة لهذه الكواكب . وعلى خلاف التقنيات الأخرى فإن أسلوب توقيت البلسار يجعل إكتشاف الكواكب القريبة الشبية بالأرض يسير نسبيا .

وبعد خروج السفينتان فوييجر ١،٢ من المجموعة الشمسية فإنهما سيظلان فترة داخل سحابة أُورت " سحابة أُورت هي عبارة عن حشد ضخم من المذنبات تريليون أو أكثر يدور في كل إتجاه في السماء ذو إرتباط ضعيف بجاذبية الشمس" قد تمتد تلك الفترة لسنوات عديدة حتى تخرج من النطاق الشمسى بالكامل وتدخل في الفضاء البينجمى . وتكملان وداعهما الطويل للمنظومة الشمسية وتتحرران من أغلال الجاذبية التي قيدتهما ذات يوم بالشمس . وسوف تنطلق السفينتان فوييجر الى ذلك البحر المفتوح في الفضاء الواقع بين النجوم . وسوف يتجولان لعصور في ذلك الظلام الهادئ البارد بين النجوم حيث لايوجد شيء تقريبا يؤدى إلى تآكلهما طبقا للمعلومات المتاحة . وقد يظلان ملايين السنين يطوفان حول مركز مجرة درب التبانة .

ومن المعلومات التي وصلتنا أيضا فإن مجرتنا الهائلة "مجرة درب التبانة " هي واحدة فقط من ملايين الملايين من المجرات . وأن هذه المجرات ذات تباعدات هائلة بينها وبين بعضها مما يسمح لها بسرعة عالية في الدوران حول نفسها . وكلما زادت التباعدات كلما زادت سرعة إنطلاقها فك يكون إذاً حجم الكون .

يقول الله سبحانه وتعالى في محكم التنزيل" وَٱلسَّمَآءَ بَنَيْنَٰهَا بِأَيْيْدٍ وَإِنَّا لَمُوسِعُونَ "(الذاريات -٤٧) ويقول سبحانه " **(فَلا أُقْسِمُ بِمَواقِعِ النُّجُوم *وَإِنَّهُ لَقَسَمٌ لَوْ تَعْلَمُونَ عَظِيم) (الواقعة ٧٥،٧٦) ويشير القرآن الكريم الى الحركة المندفعة**

للنجوم في الكون بقوله تعالى (وَالشَّمْسُ تَجْرِي لِمُسْتَقَرٍّ لَهَا ذَٰلِكَ تَقْدِيرُ الْعَزِيزِ الْعَلِيمِ) "يس ٣٨ "

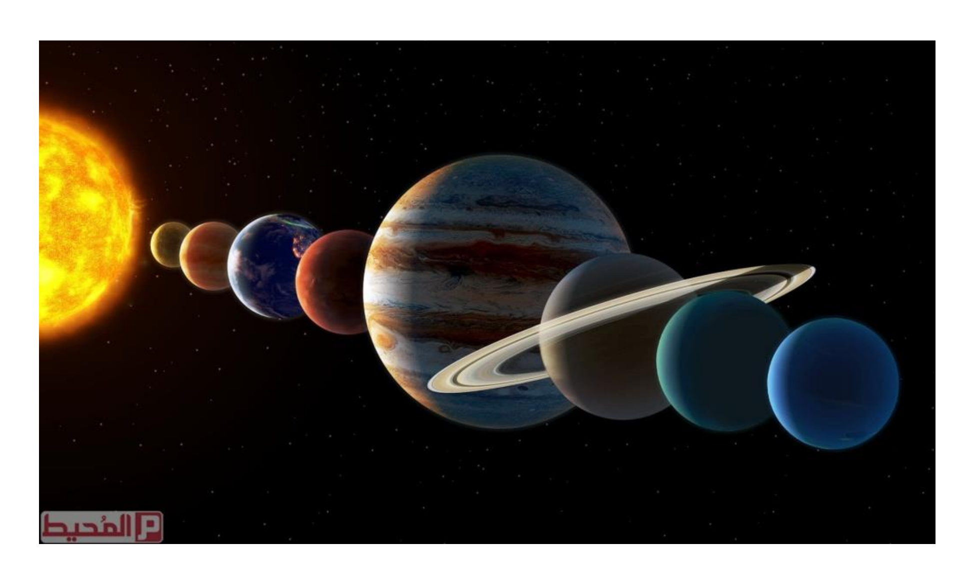
والآن يأتي سؤالنا عن المجموعة الشمسية وكيفية نشأتها بكواكبها وتوابعها ؟ ويجيب عن هذا السؤال السير جيمس جينز الإنجليزى فيقول في نظريته : إن نجما ضخما مرَّ بالقرب من الشمس منذ مايقرب من ٢٠ بليار سنة وأن قوة هذا النجم (أي قوة جاذبيته) قد إحتذبت من الشمس نافورة هائلة من كتلتها الملتهبة وأن هذه النافورة تمزقت إلى كتل متباعدة وبدأت تبرد تدريجيا مكونة المجموعة الشمسية . وأن هذا الحدث كان يمكن أن يقع مرارا في الفترة الباكرة من تاريخ المجرة .

وظلت هذه النظرية سائدة إلى أن ثبت أن مادة الشمس من المستحيل أن تبرد بنفس الطريقة التي بردت بها الكواكب ولا بد أن تمضى ملتهبة إلى الأبد إلى أن تتلاشى بفقدها كتلتها عن طريق التحول المستمر إلى طاقة ، فكيف يتفق ذلك مع الإفتراض بأن هذه الكواكب الباردة هي جزء من الشمس ؟

ولكن في عام ١٩٧٧م تقدم مايكل وولفسون بتعديل لنظرية جينز مؤداه أن النجم العابر الذى إقترب من الشمس كان باردا وأنه هو الذى تمزق أو خرجت منه كتلة هائلة أو مجموعة متتالية من الكتل متفاوتة الأحجام وأنها بدأت تدور حول نفسها الشمس مكونة كواكب المجموعة الشمسية . وعلى هذا الأساس يمكن تفسير وجود الأقمار الطبيعية والمذنبات والنيازك والشهب على أنها أجزاء تناثرت بالقرب من الأجزاء الكبرى التي كونت الكواكب .

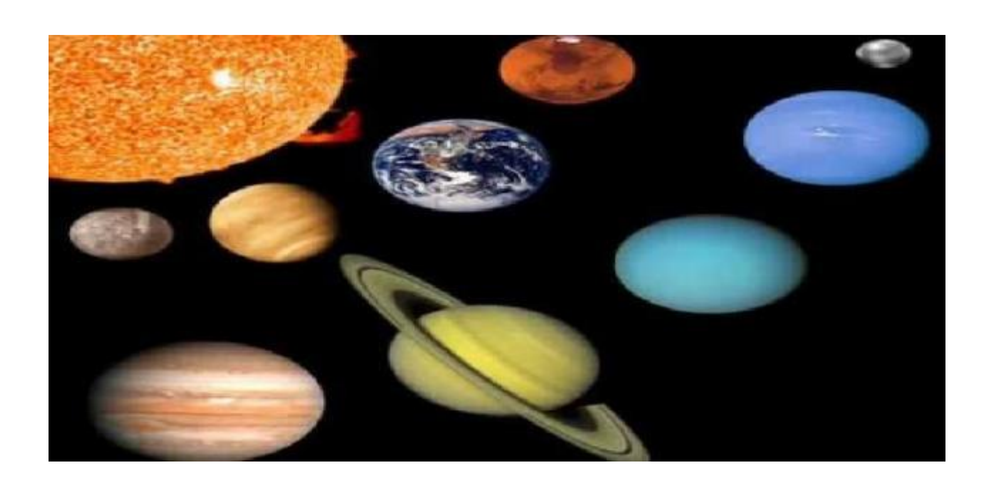
ويقول الله سبحانه وتعالى (أَوَلَمْ يَرَ الَّذِينَ كَفَرُوا أَنَّ السَّمَاوَاتِ وَالْأَرْضَ كَانَتَا رَتْقًا فَفَتَقْنَاهُمَا وَجَعَلْنَا مِنَ الْمَاءِ كُلَّ شَيْءٍ حَيٍّ أَفَلَا يُؤْمِنُون) " المؤمنون ٣٠ " وهى إشارة معجزة تُعَبِّر عن عملية إنفصال أجرام السماء والأرض عن بعضها بعد أن كانت دخان يملأ الفضاء ثم سُدُماً ومجرات .

وتضم المجموعة الشمسية تسعة كواكب وهى على الترتيب حسب قربها من الشمس : عطارد Mercury ، الزهرة Venus ، الأرض Earth ، المريخ Mars ، المشترى Jupiter ، زحل Saturn ، أورانوس Uranus ، نيبتون Neptune ، بلوتو Pluto .



(شكل ٣) كوكب الأرض أزرق اللون (صورة من خلف مدار نيبتون)

أحيانا يتم تقسيمهم إلى كواكب داخلية وهى الأربعة كواكب القريبة من الشمس (عطارد والزهرة والأرض والمريخ) وكواكب خارجية وتضم الخمسة كواكب الأخرى (المشترى وزحل ويورانوس ونيبتون وبلوتو) كما يوجد بين كوكبى المريخ والمشترى آلاف الكويكبات أكثرها لايزيد عرضه عن بضعة كيلومترات ، ويرجح العلماء أنها كانت كوكبا متماسكا في يوم ما ولكن تفككت مادته نتيجة لإضطراب حدث بداخله فتناثر في مداره على هيئة كويكبات .



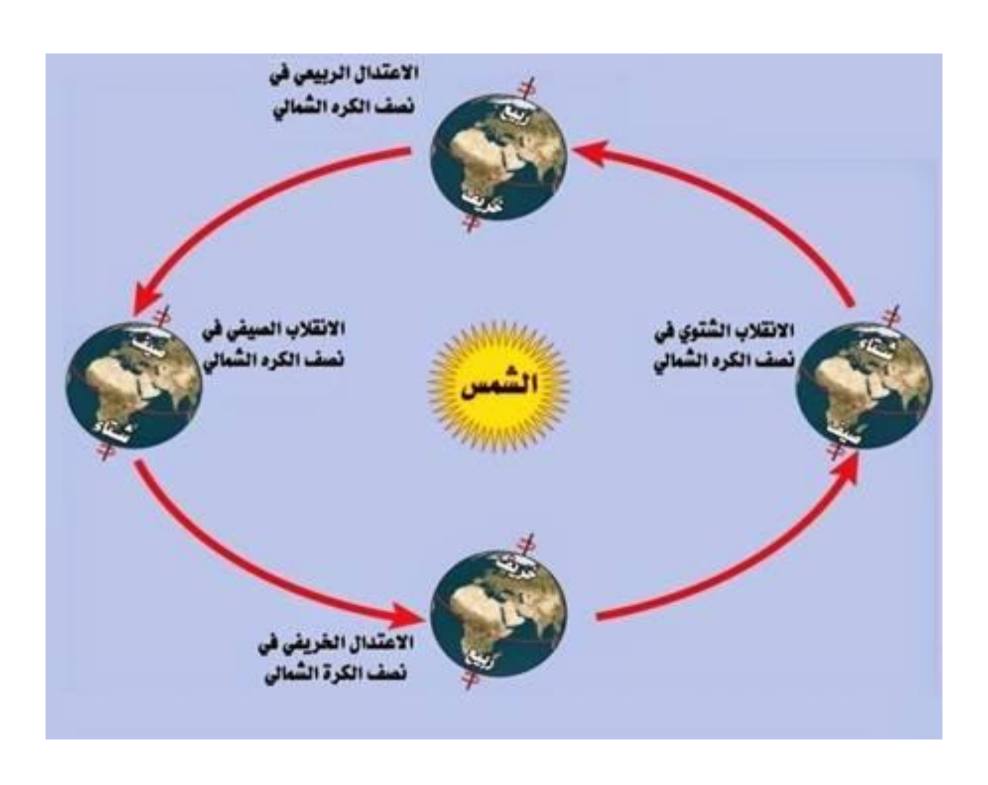
(شكل ٤) مجموعة الكواكب الداخلية والخارجية بالمجموعة الشمسية

وتدور التوابع " الأقمار " Satellites حول هذه الكواكب وهى تختلف في أعدادها وأحجامها طبقا لجاذبية الكوكب . فالأرض يدور حولها قمر واحد ، بينما يدور حول المريخ تابعان (قمران) وكذلك حول نيبتون أما يورانوس فيدور حوله ٥ خمسة أقمار ، وزحل يدور حوله تسعة أقمار بينما يدور حول المشترى(١٢) إثنا عشر قمرا ، أما توابع الزهرة وعطارد فقد إستعصى رصدهما لشدة إلتماع هذه الكواكب . وكذلك لم يتم التعرف على توابع بلوتو رغم إكتشاف العلماء لكوكبان جديدان أصغر من بلوتو يتبعان المجموعة الشمسية أيضا .

وكما ذكرنا سابقا أن الإعتقاد السائد أن الشمس تدور حول الأرض إلى أن نشر العالم الفلكى البولندى نيكولاس كوبرنيكس نظريته عام ١٥٤٣م التي جعل فيها الشمس مركزا تدور حوله سائر الكواكب التابعة للمجموعة الشمسية . وكانت هذه النظرية سببا في محاربة الكنيسة له حرباً مريرة دفعته إلى عدم نشرها إلا وهو على فراش الموت ، ثم ظهر العالم الإيطالى جاليليو الذى أَيَّدَ رأى كوبرنيكس حول نظام الكون وكان أول من أنشأ منظارا يرى تفاصيل الفضاء وأجرام السماء عام ١٦٠٩.

والمعروف أن الأرض تدور حول محورها في الوقت الذى تدور فيه حول الشمس وينشأ عن الحركة الأولى " الدورة اليومية " التي تستغرق ٢٤ ساعة ويلاحظ أن محور دوران الأرض حول نفسها يميل على مستوى المدار بزاوية قدرها ٢٣,٥° وهذا هو السبب في إختلاف طول النهار في الصيف عنه في الشتاء . أما دورة الأرض حول الشمس فتستغرق ٣٦٥ يوما وهو العام الأرضى وتكون حركة الأرض من الغرب إلى الشرق أي عكس الحركة الظاهرية للشمس (والتي تبدو لنا من الشرق الى الغرب) وهى نفس مايحدث عندما ينظر راكب القطار من النافذة فيرى المناظر حوله تتحرك في الإتجاه المضاد لحركة القطار ، بينما في الحقيقة المناظر ثابتة لاتتحرك وإنما القطار هو الذى يتحرك .

وفى الدورة السنوية الظاهرية للشمس لايتعامد الإشعاع الشمسى على خط الإستواء إلا في يومى ٢١مارس و٢١ سبتمبر حيث يتساوى الليل والنهار تقريبا في كافة أنحاء الأرض . وفيما بعد ٢١ مارس تبدأ الشمس هجرتها الظاهرية نحو الشمال فيزداد طول النهار عن الليل في نصف الكرة الشمالى حتى تصل إلى مدار السرطان (خط عرض ٢٣,٤ شمالا) وهو أقصى مدى لهجرة الشمس الظاهرية تجاه الشمال ويكون ذلك في ٢١ يونيو حيث تتعامد الشمس على مدار السرطان ثم تنتقل الشمس ظاهريا صوب الجنوب حتى تتعامد على خط الإستواء في ٢١ سبتمبر ثم تستمر في هجرتها إلى الجنوب حتى تبلغ مدار الجدى (خط عرض ٢٣,٥ جنوبا) في ٢١ ديسمبر لتبدأ في العودة مرة أخرى إلى خط الإستواء لتبدأ دورة سنوية جديدة .



(شكل ٥) الحركة الظاهرية للشمس وتكوين الفصول

وحيث أن الأرض تنتقل من مكان الى آخر في مدارها المرسوم لذا فإن مجموعة النجوم (الكوكبة Constellation) التي تظهر في سمائها تتغير من شهر لآخر . ولقد قسم الفلكيون مدار الشمس الظاهر الى إثنا عشر قسما يُسَمَّى كل منها برجا ، واطلقوا على كل برج إسم مجموعة النجوم التي تظهر خلاله مثل (القوس والحمل والسرطان والدلو والثور .... الخ) ، وظلوا يربطون بين مصائر الناس وأحوالهم وبين طوالعهم (حساب الطالع أي حساب البرج الذى يكون طالعا في الوقت المطلوب) وهذا لايعدو كونه خرافات محضة ليس لها أساس .

والمعروف أن المواقيت (اليوم والسنة) هي مسألة نسبية ، فاليوم القمرى (مدة دوران القمر حول نفسه يختلف عن اليوم الأرضى حيث يساوى ٢٨,٣٣

يوم أرضى . كذلك يختلف عن اليوم في أي كوكب آخر من كواكب المجموعة الشمسية لإختلافها في الحجم وسرعة الدوران .

ويشير القرآن الكريم إلى إختلاف المواقيت عند الخروج عن نطاق الأرض فيقول سبحانه وتعالى : (وإن يوما عند ربك كألف سنة مما تعدون)(الحج٤٧)

ويقول سبحانه أيضافى سورة المعارج "تَعْرُجُ الْمَلَائِكَةُ وَالرُّوحُ إِلَيْهِ فِي يَوْمٍ كَانَ مِقْدَارُهُ خَمْسِينَ أَلْفَ سَنَةٍ " (المعارج ٤)

ويفترض البعض أن هناك مخلوقات أخرى موجودة في الكواكب المختلفة ، ولكن رحلات الفضاء أكدت بالقطع عدم صحة هذا الإفتراض ، ففي رحلات أبوللو الأمريكية للقمر سنة ١٩٦٩م تأكد أن القمر ليس به ماء ولم يكن على سطحه ماء في أي وقت وأنه خالى من أي شكل من أشكال الحياة على الإطلاق على الرغم من التشابه الموجود في عناصر تكوين الصخور الأرضية والصخور الموجودة على سطح القمر .

أما رحلة السفينة الأمريكية فايكنج سنة ١٩٧٦م إلى سطح المريخ فقد أشارت إلى أن كوكب المريخ يحاط بغلاف جوى يعتبر ساما للإنسان حيث يتكون من (٩٥٪ ثانى أكسيد الكربون و ٢٪ نيتروجين و ١٪ اكسجين و١٪ آرجون) وأنه لاتوجد على سطحه أي خلايا عضوية على الإطلاق ولكن توجد نشاطات حيوية وهذا أمر من الأمور التي تحير العلماء . فإما أن يكون شكل الحياة على المريخ مختلف عن مانعرفه من أشكال الحياة على سطح الأرض ، وإما أن يكون مايسميه العلماء نشاطا حيويا ليس الا تفاعلا كيميائيا ليس له مثيل على الأرض ، وهذا ما أكدته السفينة فوييجر١ .

وإستمر إطلاق سفن الفضاء الروسية نحو الزهرة حتى عام ١٩٧٥م وإتضح ان درجة حرارة الكوكب عالية وأن غلافه الجوى يخلو من بخار الماء ، أما

كوكب المشترى فقد أطلقت نحوه السفينة الأمريكية بيونير ١٠ ودخلت نطاق جاذبيته سنة ١٩٧٢م وهذا الكوكب تنخفض درجة حراراته الى١٣٨ م° تحت الصفر وجاذبيته تتناسب مع كتلته التي تساوى ٣١٧ مرة قدر كتلة الأرض ولذا فقد أرغمت إثنا م يمدنا عنها بمعلومات كافية سوى رحلة سفينتا فوييجر ١و٢ والتابعتان لوكالة ناسا الأمريكية . ونظرا لأن هذه السفن عبارة عن روبوت تم تغذيته بمظاهر الحياة على سطح الأرض ومحاكاة لبعض المظاهر الحياتية التي يتوقعها العلماء فلم يتم إكتشاف أياَ من تلك المظاهر . ولن يستطيع إكتشاف الحياة كما نريد نحن ، فلن يكتشف الحياة سوى الحياة .

ومع ذلك فما يزال العلماء يتوقعون ظهور صور أخرى من الحياة على بعض الكواكب بحيث تتفق وظروف كل كوكب . فليس من الضرورى أن تكون الحياة في أي كوكب شبيهة بتلك التي تدب على الأرض .

ولكن الرأي الأكثر إثارة من ذلك هو القول بإحتمال وجود كواكب تتبع مجموعات شمسية أخرى منتشرة في الفضاء الكونى ومرت بنفس الظروف التي مرت بها الأرض حتى ظهرت فوقها الحياة ، ولقد بحث العالمان السوفيتيان (أوبارين وفستكوف) هذا الإحتمال فوجدوه واحد في المليون " بمعنى أن كل نجم من بين مليون نجم يحتمل أن يكون في مجاله كوكب صالح للحياة كالأرض "

وحيث أن مجرتنا وحدها تضم نحو أربعمائة ألف مليون نجم فإن مجرتنا يمكن أن يوجد بها أربعمائة ألف كوكب يشبه كوكب الأرض في ظروفه طبقا لتلك النظرية.

الباب الثانى

علم الأرصاد الجوية Meteorology

علم الأرصاد الجوية هو العلم الذى يختص بدراسة الغلاف الجوى المحيط بالكرة الأرضية وما يحدث فيه من ظواهر جوية ويصل على تفسير حدوثها ومدى تأثيرها على مختلف أوجه الحياة على الأرض .

ولعلم الأرصاد الجوية فروع عديدة منها مايختص بدراسة الظواهر الطبيعية ومنها مايختص بدراسة حركة الهواء ومنها مايختص بداسة عناصر الرصد الجوى ومعالجتها إحصائيا " علم المناخ " ومنها مايختص بالتنبؤ الجوى .

الطقس والمناخ : Weather and Climate

يعرف **الطقس** Weather بأنه وصف دقيق للأحوال الجوية السائدة في وقت محدد (يوم أو عدة أيام) في منطقة جغرافية صغيرة .

أما **المناخ** Climate فيعرف بأنه وصف عام للأحوال الجوية السائدة خلال فترة زمنية طويلة لمنطقة جغرافية واسعة قد تشمل عدة دول تشترك في خطوط العرض . أو هو متوسطات لقراءات عناصر الطقس خلال فترة زمنية كبيرة تصل لعشرون عاما أو أكثر .

وتعرف عناصر الطقس بأنها كل العناصر الجوية التي يتم رصدها في وقت محدد وفى مكان معيَّن . بخلاف عناصر المناخ التي تتمثل في متوسط أكبر القيم وأصغرها لعناصر الرصد خلال سنوات سابقة .

ويختلف المناخ من مكان لآخر فوق سطح الأرض تبعا لعدة مؤثرات تعرف بالضوابط المناخية Climatic controls وهى :

١- **خط العرض** : فكلما إقترب المكان من خط الإستواء زادت درجات حرارة الهواء وكلما إبتعد المكان عن خط الإستواء إنخفضت درجة الحرارة .

٢- **الإرتفاع عن مستوى سطح البحر** : حيث أنه بالإرتفاع عن مستوى سطح البحر تنخفض درجة حرارة الهواء .

٣- **الأحوال الطوبوغرافية** : مثل التضاريس المحلية والمواقع الجبلية ، فالناحية التي تهب منها الرياح عند جبل عالٍ يختلف مناخها عن الناحية الأخرى من حيث سقوط الأمطار ونسبة الرطوبة .

٤- **التوزيع السائد للضغط الجوى** : وهذا التوزيع مهم جدا لأنه يحدد خواص كتل الهواء السائدة في تلك الأماكن . فالأماكن التي تقع مثلا في منطقة ضغط جوى مرتفع تمتاز بجو مستقر وهطول قليل أما إذا كانت تقع في ضغط جوى منخفض فيحدث العكس .

٥- **القرب من المسطحات المائية** : كالمحيطات والبحار والبحيرات ويؤثر ذلك تأثيراً ملطفا على الأحوال المناخية في المناطق القريبة .

٦- **تيارات المحيط** : وهذه تلعب دورا هاما في نقل الحرارة من خط الإستواء نحو القطبين أو العكس .

وإذا درسنا التوزيع المناخى على سطح الأرض في أي فصل من فصول السنة لوجدنا أنه يمكن تقسيم الأرض إلى أقاليم متماثلة المناخ .

ومن أشهر التقسيمات المناخية المعروفة تقسيم كوبن الألماني Koeppen سنة ١٩١٨ الذى قسم سطح الأرض إلى خمس مناطق مناخية رئيسية هي :-

أ) **مناخ مناطق الغابات المدارية (المناخ الحار المطير)** : ويكون فيه متوسط درجات الحرارة في أبرد شهور السنة أعلى من ١٨°م .

ب) **مناخ المناطق الجرداء** : وهو مناخ جاف يكون فيه مجموع التبخر من التربة والنتح من النباتات يفوق كمية المطر المتساقطة على هذه المنطقة . ويسود هذا المناخ أساسا في المناطق بين المدارين .

جـ) **مناخ المناطق المعتدلة المطيرة** : وفيه يكون متوسط درجات الحرارة في أدفأ شهور السنة أعلى من ٣٠ م° ولا تقل عن م°١٨ ومتوسط درجة الحرارة في أبرد شهور السنة أعلى من م°١٠ .

د) **مناخ مناطق الغابات الباردة** : وفيه يكون متوسط درجة الحرارة في أدفأ شهور السنة أعلى من م°١٠ ومتوسط درجة الحرارة في أبرد شهور السنة أقل من م°٣ .

هـ) **المناخ القطبى** : وفيه يكون متوسط درجة الحرارة في أدفأ شهور السنة أقل من م°١٠ .

أما الآن فقد تغير كل ذلك تماما فدراسة المناخ تشتمل على سلسلة كاملة من القياسات تُؤخَذ على مستوى العالم ويجرى تحليل هذا القدر الهائل من المعلومات بعد ذلك بواسطة أجهزة الحاسوب . وبالمثل من خلال الأقمار الصناعية الخاصة بالطقس والتي تدور حول الأرض يتحصل العلماء على المعلومات والصور ليتعرفوا عن الملامح المناخية . مثل درجات الحرارة لأسطح المحيطات وكميات السحب وأنواعها والحرارة التي تعكسها الأرض .

أما التغيرات التي تحدث للطقس فترجع أساسا إلى النشاط الشمسى الذى يتأثر بالدورة الظاهرية اليومية والسنوية للشمس بالإضافة إلى تدخل عوا مل طبيعية كثيرة ومعقدة تؤثر أساسا على تحرك مراكز الضغط العالى والضغط المنخفض وما يستتبع ذلك من تحركات الكتل الهوائية من منطقة إلى أخرى وما يلى ذلك من تغير في العناصر الأخرى . وتحدث هذه التغيرات بسرعة

لا تسمح بالإدلاء ببيانات دقيقة عن مستقبل التغيرات إلا خلال فترات لاتزيد عن يوم أو يومين .

التغيرات المناخية غير المألوفة :

لاتزال معلوماتنا عن أسباب التغيرات المناخية قاصرة . فنحن نعرف أن الأحوال الجوية في أي إقليم تكاد تستقر على وتيرة واحدة خاصة ، ويعتادها اهل هذا الإقليم على مر السنين . ولكن قد يحدث حيود واضح لأحد العناصر المناخية عن القيمة المتوقعة ومثل هذه الحالة ينظر إليها الإنسان كظاهرة جوية غير مألوفة قد نجد لها تفسير وقد لانجد .

ومن العوامل الطارئة التي تتدخل في حدوث الظواهر الجوية غير المألوفة :

١- دخول الأرض أثناء حركتها المندفعة ضمن المجموعة الشمسية في مجرى من مجارى الشهب المنتشرة في الفضاء الكونى .

٢- تفجير القنابل الذرية وإنتشار الغبار الذرى في سائر طبقات الجو .

٣- تغيير سير التيارات المائية العظمى لأسباب غير معروفة مثلما حدث لتيار (همبولدت) وهو من تيارات المحيط الهادى الجنوبية الباردة والذى كان يتحرك بمحاذاة الساحل الغربى لأمريكا الجنوبية جالبا معه البرودة إلى أقصى الشمال ، ولكنه توقف فجأة سنة ١٩٢٥م ونتج عن ذلك ارتفاع درجة حرارة ماء البحر عن معدلاتها بقيم تعدت ال٥ درجات مئوية وتغيرت أحوال الجو بصورة لم يألفها سكان تلك المناطق الساحلية حيث تكونت السحب الركامية خاصة الركام المزنى وإنهمر المطر بغزارة شديدة .

٤- بمرور الاف الملايين من السنين يطرأ تغيير في الطاقة الشمسية ويزداد لهيبها وهذا يؤثر بلا شك على كل شيء فوق سطح الأرض .

والشيء المؤكد أن الطبيعة لاتعرف البقاء على صورة واحدة إلى الأبد وإستقراء تغير الجو في تاريخ العالم السحيق يؤكد أن التغير مؤكد . فتوزيع القارات والمحيطات بوضعها الحالي لم يكن كذلك في الأزمنة الغابرة .

فإذا نظرنا الآن إلى خريطة العالم فإننا نجد أن معظم مناطق اليابسة فوق سطح الأرض تقع شمال خط الإستواء ، ولكنها لم تكن كذلك دائما . فعلى مدى المائتى مليون سنة الماضية عندما بدأت الصور الأولى للديناصور تجول في أنحاء العالم ، كانت كل بقاع الأرض متصلة ببعضها في كتلة واحدة ضخمة إمتدت من القطب الشمالى الى القطب الجنوبى ، ومنذ ذلك التاريخ بدأت تلك القارة العملاقة تنقسم إلى قارات كما نعرفها في الوقت الحالي .

وفى عام ١٩١٢م إقترح الجيولوجى الألماني (ألفريد فجنر) أن القارات كانت في الأصل قارة واحدة ضخمة تسمى (بانجيا) وهى تعنى بالإغريقية " أم القارات " ، وقد أتى بدليل يبين أنه منذ حوالى مائتى مليون سنة بدأت البانجيا في التشقق . وكان فجنر يعرف أن قشرة الأرض تتكون من نوعين رئيسيين من الصخور . الأولى عبارة عن كتل كبيرة من الصخر المعروف بالجرانيت (القارات) والتي إنغمرت في النوع الثانى وهو صخر أكثر كثافة وهو البازلت .

وقد تصور قارات الجرانيت على أنها أطواف طافية على قشرة البازلت ، وقد برهن على أن القارات تنجرف ببطء . وفى حقيقة الأمر فنحن نعرف الآن أن حركة القارات هي حركة بطيئة بالفعل وهي مابين سنتيمتر واحد إلى ١٢ سنتيمتر في السنة .

وعلى مدى عشرون عاما ظل العلماء ينظرون إلى أفكار فجنر بإرتياب شديد ومع مرور الوقت ظهرت أدلة جديدة تؤيد إنزياح القارات . فإذا قارنا شكل سواحل غرب إفريقيا بسواحل شرق أمريكا الجنوبية يتضح أنهما قد إنفصلا عن بعضهما في يوم ما . وإذا وضعت القارات في موضع مقارنة ليس من ناحية حدود السواحل ولكن من ناحية مراكز الرفوف القارية تحت البحر فلا يزال التوائم موجوداً . فقد كانت أمريكا وأفريقيا ذات يوم متصلتان ، أي أنهما كانتا كتلة واحدة .



(شكل٦) يوضح نظرية فجنر بأن اليابسة كانت كتلة واحدة

وقد إكتشف أيضا أن تكوين الصخور في أجزاء شرق أمريكا الجنوبية تتطابق تماما مع تكوينات الصخور في غرب إفريقيا ، وقد ساعدت نظرية الإنجراف القارى أيضا في تفسير الصِلَة الوثيقة التي تربط بين أنواع الحيوانات في الأراضى التي يفصلها الآن المحيط الإطلنطى .

وبمرور الزمن تزحزحت القارات مسافات شاسعة ، ومن خلال فحص الحفريات الموجودة بالصخور وبواسطة وسائل أخرى يستطيع العلماء أن يرسموا مخطط لتاريخ مناخ لمنطقة ما . وقد عرفوا على سبيل المثال أن الأنتاركتيكا كانت في أحد الأزمنة بالمنطقة المدارية ، وكانت تقع أمريكا الشمالية على خط الإستواء . وبقياس إتجاهات المجال المغناطيسى المثبتة في صخور ذات أعمار مختلفة إستطاع العلماء رسم إنجراف أراضى الصيد في بريطانيا منذ كانت تقع جنوب الإستواء منذ ٤٠٠ مليون سنة .



(شكل ٧) بداية إنفصال أمريكا الجنوبية عن إفريقيا

وعلى الرغم من أن حركة الألواح القارية تعتبر بطيئة جداً إلا أنها تتحرك بقوة هائلة بسبب كتلتها الضخمة . وأوضح فجنر أن الحافة الأمامية من القارة التي تتحرك خلال قشرة البازلت ستنبعج إلى أعلى مكونة سلاسل جبلية . وقد تكونت جبال الألب عندما إصطدمت أوروبا بإفريقيا ، وتكونت جبال الهيمالايا عندما إصطدمت أسيا بالهند .

ووضع فجنر فرضاً آخر مهما يدعم نظرياته . فقد درس الرحلة الطويلة الهائلة التي يقوم بها سمك الإنكليس الأوروبي من أجل التزاوج في البحر

الكاريبي ، ورحلة العودة الطويلة المتساوية للمياه الأوروبية التي يقوم بها صغار أسماك الإنكليس .

والتفسير الوحيد الذى إستطاع أن يجده فجنر لهذه الرحلات ، هو أن أسماك الإنكليس لديها غريزة موروثة يرجع تاريخها إلى الزمن الذى كانت فيه أمريكا وأوروبا متجاورتان .

وإذا كانت القارات جميعا في يوم ما كتلة يابسة واحدة تسمى البانجيا والتي بدأت بالإنقسام في العصور الكربونية الأخيرة (منذ حوالى مائتى مليون سنة) فإن بحر التيتان كان بحرا عميقا متسعا ، والذى يعتبر البحر والغرب وفى النهاية قَسَّمَ القارات العظمى ليوراسيا وجوندونالد ، وأوضاع القطبين الشمالى والجنوبى أدت إلى ظروف مناخية مختلفة تماما في مناطق معينة عن ظروفها المناخية الحالية . وعلى سبيل المثال فإن بريطانيا كانت في يوم من الأيام تعيش حياة إستوائية .

وكما نعلم أن الأرض في تغير بطىء مستمر من ناحية الشكل فقد تم تغييرها من الشكل الكروى إلى الشكل البيضاوى ، كما أن قطرها الواصل من بين القطب الشمالى الى الجنوبى يتناقص بكمية ضئيلة جدا على مدى الزمن ، والغريب أن القرآن الكريم أشار بدقة معجزة الى هذه الظاهرة الكونية التي لايدركها سوى علماء العصرالحديث ، فقال تعالى :

(أَوَلَمْ يَرَوْا أَنَّا نَأْتِي الْأَرْضَ نَنْقُصُهَا مِنْ أَطْرَافِهَا وَاللَّهُ يَحْكُمُ لَا مُعَقِّبَ لِحُكْمِهِ وَهُوَ سَرِيعُ الْحِسَابِ)الرعد/٤١ .

وقال تعالى : (أَفَلَا يَرَوْنَ أَنَّا نَأْتِي الْأَرْضَ نَنْقُصُهَا مِنْ أَطْرَافِهَا أَفَهُمُ الْغَالِبُونَ) الأنبياء/ ٤٤

ومن الجدير بالذكر أن الأقطاب المغناطيسية للأرض قد غيرت مواقعها أكثر من مرة خلال القرون الماضية ويتوقع العلماء أن موجة قوية لحركة المجال المغناطيسى للأرض سوف تتم خلال الألف سنة المقبلة بحيث

يصبح القطب المغناطيسى الشمالى واقعا على الساحل الإطلنطى للقارة الأفريقية ، بينما يصبح القطب الجنوبى واقعا على المحيط الهادى قرب أمريكا الجنوبية .

وخلال الثلاثين سنة الأخيرة حدث نقص سريع في حجم الثلاجات القطبية (المناطق الجليدية) في الأقاليم المناخية لشمال الإطلنطى إلا أن ذلك لم يحدث في القطب الجنوبى . والمعروف أن ذوبان أي جزء من الغطاء الجليدى الذى يغطى المناطق القطبية يؤدى إلى :-

١- انسياب الماء الناتج عن إنصهار الجليد إلى المحيطات والبحار مما يؤدى إلى ارتفاع مستوى سطح البحر . وهذا مانلاحظه الآن على الشواطئ المصرية في الإسكندرية ورشيد ودمياط وغيرها من المدن الساحلية . حيث نشاهد ارتفاع منسوب المياه في البحر مما أدى إلى إختفاء بعض الشواطئ تحت المياه .

٢- ارتفاع الأرض التي كان الجليد يغطيها ، وخير شاهد على ذلك شبه جزيرة إسكنديناوه في شمال أوروبا ، حيث ترتفع بمعدل ثلث متر تقريباً كل قرن منذ أن ذاب عنها الجليد الذى كان يغطيها في العصور السابقة .

الباب الثالث

الغلاف الجوى Atmosphere

يعرف **الغلاف الجوى** بأنه ذلك المجموع الغازى الذى يحيط بالكرة الأرضية وتحتفظ به بفضل جاذبيتها .

كما يطلق لفظ الغلاف الجوى على تلك الغلالة أو المادة الغازية الشفافة التي تحيط بالكرة الأرضية وتفصل سطحها عن الفراغ الكونى وتحتفظ به بفضل جاذبيتها . ويحتوى هذا الغلاف على مجموعة من الغازات التي لاطعم لها ولا لون ولا رائحة . وتعرف باسم الهواء ، والغاز المتحرك يظهر خاصية الليونة والقابلية للضغط والتمدد ويمكنه أن ينقل تضاغط الموجات ، له شفافية يظهرها نمو كثير من الإشعاعات . وأبسط مظاهر الهواء فوق أننا نستنشقه فهو يؤثر على الأجسام عندما تتحرك أجزاء منه حيث تعرف بالرياح . فالرياح إذاً هي الهواء المتحرك . وتُوَلِّد الرياح أمواج البحر المختلفة عند إنسيابها فوق سطحه . كما أنها تدفع السفن الشراعية وتثير الرمال والأتربة وتحمل السحب وتنقلها من مكان لآخر .

وإن تحرك الهواء ببطء سُمِّى نسيما ومن النسيم ماهو خفيف ومنه ماهو منعش أو معتدل ، وإن هزت الرياح فروع الشجر أو أثارت الغبار من سطح الأرض سميت رياح نشطة فشديدة وقد تصير عاصفة في حالة الأنواء والأعاصير ، وقد يطيح ضغطه بالمبانى أو يغرق السفن . ويستخدم رجال الأرصاد الجوية مقياسا لوصف سرعة الرياح أو قوتها وأثرها . وتتحرك الرياح عند قوة "١" بمقدار أميال قليلة في الساعة ومن العسير أن نشعر بها، أما عند قوة "١٠" فتبلغ سرعة الرياح أكثر من ٦٠ ميلا في الساعة ويمكن للرياح عند هذه السرعة أن تحطم الأشجار أو أن تَضُّر بالمبانى .

ويتوقف وجود الغلاف الجوي وخصائصه لأى كوكب على عدة عوامل :

١- قوة الجاذبية لذلك الكوكب ، وهذه تتأثر بكتلته وكثافة معادنه وحجمه .

٢- درجة حرارة سطح الكوكب ، وهذه تتأثر بالقرب أو البعد عن الشمس حيث أنه كلما إرتفعت درجة حرارة الكوكب كلما زاد معدل هروب الغازات من غلافه الجوى .

٣- كثافة الغازات المكونة للغلاف الجوى .فهروب الغازات الخفيفة كالهيدروجين والهليوم يكون أسرع من هروب الغازات الثقيلة .

ولهذه الأسباب نجد أن قمر الأرض لايحتفظ في محيطه بجو محسوس لصغر حجمه الذى لايزيد عن ربع حجم الكرة الأرضية وصغر جاذبيته (سدس جاذبية الأرض) . ونظرا لعدم وجود غلاف جوى للقمر فإن المدى الحرارى بين الليل والنهار يكون شاسعا . ففي النهار تكون الحرارة حارقة وفى الليل يكون البرد قارصا .

ومن الطريف ان نعلم أن ظهور الحياة على الأرض قد أحدث تغييرا جوهريا في الجو المحيط بالأرض . فقبل ظهور الحياة كان جو الأرض مختزلا خاليا من الأكسجين (عبارة عن خليط من غاز الميثان والنشادر والهيدروجين وثانى أكسيد الكربون وبخار الماء) يدل على ذلك تركيب الصخور في الأحقاب الجيولوجية القديمة . أما الغلاف الجوى الحالي فهو من إنتاج الكائنات الحية الدقيقة التي تقوم بتحليل المواد العضوية وإنتاج غازات الميثان والنشادر وغيرها .

التركبي الحجمى للهواء بالقرب من سطح الأرض :

يختلف التركيب الحجمى للهواء قرب سطح الأرض عنه في طبقات الجو العليا . فبالقرب من سطح الأرض يكون متوسط التركيب الحجمى للهواء كما يلى :-

٧٨٪ نيتروجين - ٢١ % اكسجين

١٪ أرجون وكربتون وهيدروجين وغازات أخرى .

بالإضافة الى مكونات متغيرة النسبة :

بخار الماء وتتراوح نسبته من ضئيل جداً- ٤٪

ثانى أكسيد الكربون (تتراوح نسبته من صفر – ٠,٠٣٪)

الأوزون وتتراوح نسبته حسب الحالة الجوية ويزيد مع الإرتفاع في الجو.

أما في طبقات الجو العليا فيعتقد أن التركيب يختلف عن ذلك بوضوح حيث تزداد نسبة الغازات الخفيفة كالهيدروجين والهيليوم الذى يساعد إنخفاض درجة حرارة الطبقات العليا على الإحتفاظ بنسبة كبيرة منها أما على ارتفاع ٢٠- ٦٠ كم فوق سطح الأرض فيتواجد غاز الأوزون بكثرة .

أهمية الغلاف الجوى بالنسبة للحياة فوق سطح الأرض :

١- الغلاف الجوي ضرورى للحياة فوق سطح الأرض بما يحتويه من أكسجين وبخار ماء وثانى أكسيد الكربون .
٢- يعمل كوسط فاصل بين سطح الكوكب والفضاء المحيط به من سرعة التبريد ليلا .
٣- يؤدى إلى حدوث تيارات هوائية كنقل موجات البرد إلى المناطق الحارة والعكس .
٤- يحمى سطح الأرض من الشهب الساقطة والنيازك حيث تحترق بفعل إحتكاكها بطبقات الغلاف الجوى أثناء الهبوط .
٥- يصد عنا غائلة الأشعة الكونية ويضعف من شوكة الأشعة فوق البنفسجية الضارة .
٦- يشتت الشعاع الضوئي الشمسى فيضىء جو الأرض وتكتسب السماء لونها الأزرق البهيج .

٧- يعمل الغلاف الجوى كمسرح للظواهر الجوية المختلفة ، فكل الأحوال الجوية على الأرض هي نتاج تأثير أشعة الشمس في جو الأرض .
٨- يعمل كوسط تنتقل خلاله أصواتنا وموجاتنا اللاسلكية وتطير فيه طائراتنا .

هذا ويمكن أن نعتبر جو الأرض بمثابة محيط عظيم من الهواء ونحن نعيش في قاعه في مأمن من الأهوال الموجودة في الفضاء الخارجي والطبقات العليا من الغلاف الجوى منتهيا من حيث إمكانية الحياة عند إرتفاعات لاتزيد عن خمسة عشر كيلومتر . ففي هذه الطبقة توجد تسعة أعشار كتلة الهواء ، أما من حيث الظواهر الطبيعية التي توجد في جو الأرض العلوى فيمكن تقدير سمك الغلاف الجوي بأكثر من ١٠٠٠ كم حيث يُخَلْخَل الهواء بشدة على تلك الأبعاد الشاسعة .

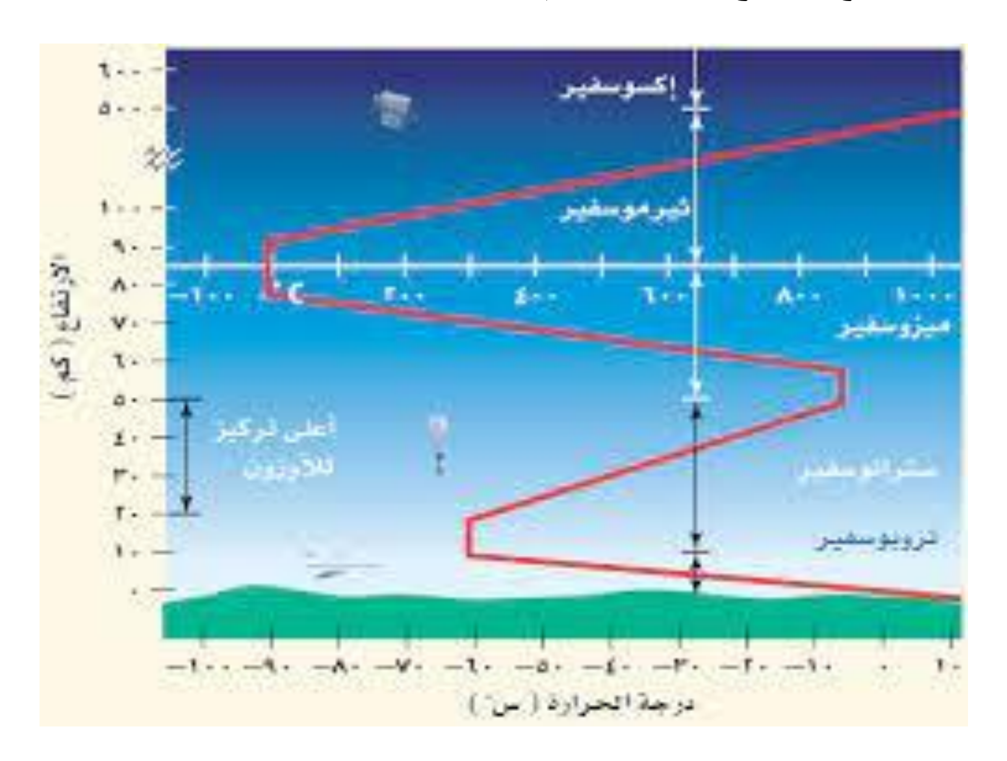
ومن هنا نجد أن الهواء هام جداً كعامل من العوامل التي تؤثر على سطح التربة ، ويمكن تلخيص تلك الأهمية في النقاط الآتية :-

١- التأثير الكيميائى لبعض العناصر المكونة للهواء في المعادن وفى الصخور التي تكون القشرة الأرضية (اليابسة).
٢- جركة الهواء وما ينتج عنها من رياح وأعاصير تثير أمواج البحر وتحمل أبخرته التي تتكاثف إلى سحب وأمطار هي مصدر المياه العذبة على سطح الأرض .
٣- الهواء هو الوسط الذى تتخذ منه الطبيعة (بعض عوامل التعرية معولا لكحت الصخور الخارجية للقشرة الأرضية وتفتيتها) .

٤- الهواء يتأثر بسهولة بالحرارة والضغط ، وإختلاف الحرارة هي السبب في أغلب الإختلافات للضغوط الجوية . وهذه هي التي تدفع الهواء ليتحرك .

طبقات الجو المختلفة :

يمكن تقسيم الغلاف الجوي إلى طبقات على أساس معدل التغير في درجات الحرارة مع الإرتفاع كما هو بالرسم .



(شكل ٨) طبقات الغلاف الجوى طبقا للتوزيع الحرارى .

١- طبقة التغيير Troposphere

تعتبر طبقة التغير من أهم الطبقات لدارس الأرصاد الجوية والمناخ ، لأنها الطبقة التي يعيش فيها الإنسان وتحتوى على أكثر من ٨٠٪ من كمية الهواء الجوي ، وفيها تحدث الظواهر الجوية المعروفة من ضباب وسحب وأمطار

ورياح وعواصف وذلك نتيجة لدورة بخار الماء التي تعتبر مقصورة على هذه الطبقة وحدها . (٧٥٪ من بخار الماء في الأربعة كيلومترات الأولى في الغلاف الجوي) . وتحتوى هذه الطبقة على الأكسجين والنيتروجين وثانى أكسيد الكربون وبعض الفلزات الأخرى بالإضافة إلى بخار الماء ، ويختلف ارتفاع هذه الطبقة من نحو ٨ كيلومتر عند القطبين الى نحو ١٨ كيلومتر عند خط الإستواء ، بمتوسط قدره ١٣ كيلومتر ، وأهم صفة تميز هذه الطبقة هي الإنخفاض التدريجى لدرجة الحرارة مع الإرتفاع بمعدل درجة واحدة مئوية كلما إرتفعنا ١٦٠م لأعلى أي بنحو ٦,٢ درجة مئوية لكل كيلومتر إرتفاعا عن مستوى سطح البحر . ويعرف الخط الوهمى الذى ينتهى عنده الإنخفاض في الحرارة مع الإرتفاع باسم التروبوبوز Tropopause والسبب في هذا الإنخفاض التدريجى لدرجة الحرارة مع الإرتفاع في هذه الطبقة . هو أن هذه الطبقة تسخن أساساً من أسفل لأعلى . أي من سطح الأرض حيث تنتقل الحرارة لالتوصيل والحمل ، ولذا توجد في هذه الطبقة التيارات الرأسية وهى تساهم في رفع السحب لأعلى . كما تتميز هذه الطبقة بأنها موطنا للتقلبات الجوية .

٢- طبقة السكون Stratosphere

تمتد هذه الطبقة من الالخط الوهمى Tropopause حتى الخط الوهمى Stratopause والذى يقع على ارتفاع ٥٠ – ٥٥ كيلومتر من سطح الأرض وتتميز هذه الطبقة بثبات درجة الحرارة بالإرتفاع قرب التروبوبوز ، ثم تأخذ في الزيادة مع الإرتفاع بعد ذلك لتواجد غاز الأوزون بكثرة على هذه الإرتفاعات وهو الذى يمتص الأشعة فوق البنفسجية التي ترسلها الشمس ، حيث تتحول إلى حرارة ترفع من درجة الحرارة لتلك الطبقة حتى تصل إلى أقصى قيمة لها عند ارتفاع ٥٥ كيلومتر . كما تتميز هذه المنطقة بالإستقرار

النسبى في حركة الرياح . بمعنى أن حركة الهواء أفقية فقط ولاتوجد في هذه الطبقة تيارات رأسية ، لذا يعتبر جوها أنسب الأجواء لرحلات الطيران ، خاصة إذا إستغل الطيارون مجارى الرياح النفاثة التي تنساب في قاعدة هذه الطبقة . كما تقل أيضا نسبة بخار الماء في هذه الطبقة ، لذا ينعدم تكوين السحب بها والرؤية واضحة تماماً مما يجعلها مثالية للطيران .

والسبب في وجود الأوزون بكثرة على هذه الإرتفاعات (بين ٣٠ – ٥٠ كيلومتر) بينما تقل كمياته أسفل هذه الطبقة وأعلاها على السواء ، هو أن غاز الأوزون (O_3) من الغازات غير المستقرة ، فهو ينتج من عمليات الكيمياء الإشعاعية بأكسدة أكسجين الهواء الجوى O_2 بفعل الأشعة فوق البنفسجية الصادرة من الشمس فينحل بعض جزيئاته بتأثير هذه الأشعة إلى ذرات نشيطة . ثم يتحد بعض هذه الذرات مرة أخرى مع جزيئات الأكسجين مكونة الأوزون كما بالمعادلة الأتية .

$$O_2 \xrightarrow{\underline{u.v.}} O + O$$

$$O_2 + O \longleftrightarrow O_3$$

كما قد يحدث تعرض بخار الماء الجوى للأشعة فوق البنفسجية وإنتاج غاز الأوزون وفوق أكسيد الهيدروجين .

ويتم في هذه العملية إمتصاص قدر كبير من الأشعة فوق البنفسجية الصادرة عن الشمس فلا يصل منها إلا إلى سطح الأرض إلا قدر معتدل لايؤثر كثيرا في حياة الكائنات الحية .

وبذلك تمثل طبقة الأوزون التي تتكون في الطبقات العليا من الجو درعاً واقيا يحمى الكائنات الحية التي تعيش على سطح الأرض من غوائل هذه الأشعة المدمرة . وتقل كمية الأوزون في طبقة التغير السفلى (التروبوسفير) لأنه

يتحلل ببطء إلى أكسجين في درجات الحرارة العادية . ولأن الأشعة فوق البنفسجية التي تصل إلى هذه الطبقات تكون ضعيفة التأثير . كما تقل كمياته بالإرتفاع عن طبقة السكون لأن وجود الأكسجين يقل وبخار الماء يكاد يكون منعدم .

٣- الطبقة الوسطى : Mesosphere

تمتد هذه الطبقة من خط Stratopause حتى خط . Mesopause والذى يقع على ارتفاع ٨٠ – ٨٥ كيلومتر من سطح الأرض .

وتمتاز هذه الطبقة بإنخفاض درجة حرارتها مع الإرتفاع حتى تصل إلى قمة هذه الطبقة إلى أقل قيمة لها في جو الأرض (- ١٠٠مْ) لإنعدام وجو بخار الماء بها . (فالمعروف أن بخار الماء يمتص كمية كبيرة من طاقة الإشعاع الشمسى ثم يطلقها عند التكاثف) وكذلك لندرة وجود الأكسجين وبالتالي تقل كميات الأوزون مع الإ{تفاع . كما تتميز الطبقة أيضا بظهور الومضات المضيئة كما تتحكم في الشهب والنيازك التي ترد من الفضاء الخارجي حيث تحترق وتتلاشى فيها معظم الشهب الهاوية إلى الأرض .

٤- الطبقة المتأينة (الأيونوسفير) Ionosphere

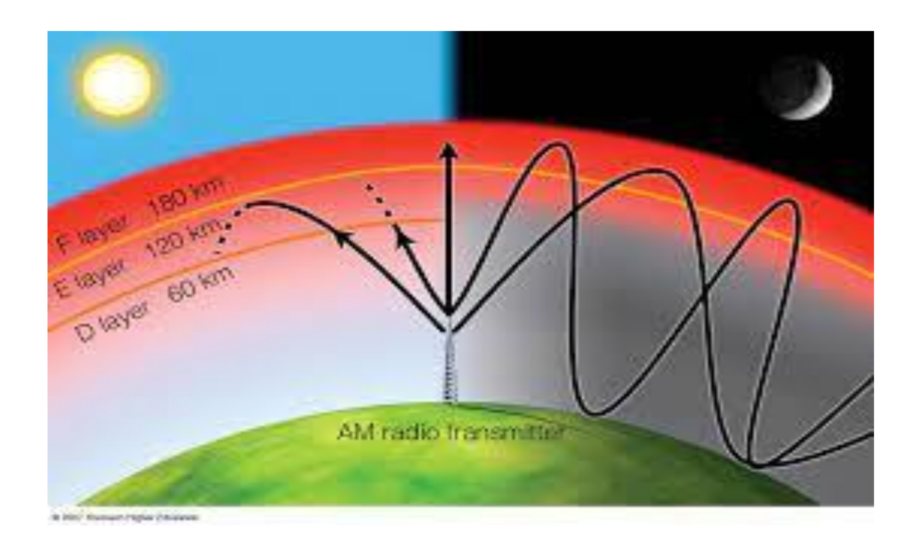
وهى طبقة تمتد من الميزوبوز بين إرتفاعى ٨٠ -٣٠٠ كيلومتر وتتميز بإنتشار الآيونات " أي ذرات الهواء المتأينة نتيجة لتعرضها للأشعة فوق البنفسجية " والعوامل الجوية السائدة على هذه الإرتفاعات من إنخفاض حاد في درجات الحرارة ونقص في الضغط الأمر الذى يساعد على خلق حالة من التوتر الذرى والذى يجعل ذرات الغازات المتخلخلة تخلخلا شديدا في حالة شبه متكهربة ، فيمكنها أن تعكس الموجات اللاسلكية التي تخترقها . وقد

تعارف علماء الاتصالات اللاسلكية على تقسيم طبقة الأيونوسفير إلى طبقتين فرعيتين هما :-

أ) طبقة هيفسيد Heaviside وذلك نسبة إلى العالم " كينلى هيفسيد " وهى تمتد من ارتفاع ٨٠ – ١٠٠ كيلومتر .

ب) طبقة أبلتون Appleton وهي تمتد بين إرتفاعى ٢٥٠ – ٣٠٠ كيلومتر .

وكلتا الطبقتان تعملان على عكس الموجات اللاسلكية . فالطبقة الأولى " طبقة هيفسيد " تعمل كمرآة عاكسة للإشارات اللاسلكية طويلة الموجة ، أما طبقة أبلتون فتعمل على عكس الإشارات اللاسلكية قصيرة الموجة Short Waves وإعادتها إلى الأرض خاصة ليلا . ولذلك يسهل التقاط الإذاعات ذات الموجات القصيرة عندما يحل الظلام . كما توجد موجات لاسلكية بالغة القصر ذات ذبذبات عالية جداً مثل موجات الإرسال التليفزيونى فهذه قد يعجز الغلاف المتأين عن إحداث إنعكاس لها ويمكن أن تنفذ . ولذا يتم الإتصال بسفن الفضاء عن طريقها .



(شكل ٩) طبقات عكس موجات الراديو والرادار

ولقد عمل بعض العلماء على تحديد طبقات فرعية أخرى في طبقة الأيونوسفير مثل طبقة (D) فوق طبقة هيفسيد والطبقة (G) فوق طبقة أبلتون . وكلتا الطبقتين لهما نفس الخصائص .

وفى طبقة الأيونوسفير تحدث أحيانا ظواهر جوية خاصة وغير شائعة ويغلب أن نرى في المناطق الباردة والقطبية مثل ظاهرة وهج الأورورا " Ourora وهو توهج يحدث في طبقات الجو العليا نتيجة لتأين الغازات ، وفى المناطق القطبية الشمالية تسمى أورورا بولاريس " Ourora Polaris " ، أما في المناطق القطبية الجنوبية فتسمى أورورا أوستراليس " Ourora Oustoralis " ويلى طبقة الأيونوسفير الفضاء الخارجي الذى يفصل الأرض عن الفضاء الخارجي أو الكواكب الأخرى في المجموعة الشمسية ، ويُطلِق علماء الكونيات إسم الفضاء البيكوكبى . وهو الذى يفصل بين الكواكب وبعضها ، بينما الفضاء الذى يفصل بين المجموعة الشمسية وأى نجم قريب لها يطلقون عليه الفضاء البينجمى . وفى الواقع فإن طبقة الآيونوسفير تعتبر تابعة لطبقة الثرموسفير (الطبقة الحرارية) والتي تضم في الجزء الأسفل منها حتى ارتفاع ٣٠٠ كيلومتر طبقة الأيونوسفير كما سنذكر .

٥- الطبقة الحرارية (الثرموسفير) Thermosphere

وهي الطبقة الممتدة من الميزوبوز Mesopause حتى الثرموبوز Thermopause أي بين إرتفاعى ٨٠ – ٨٠٠ كيلو متر من سطح الأرض حيث خط الثرموبوز ، وتحدث فيها تبدلات حادة في درجات الحرارة بين الليل والنهار ، وتتميز هذه الطبقة بإرتفاع درجات الحرارة بدرجة كبيرة نظرا لوجود الأكسجين الذى له القدرة أيضا على إمتصاص حزمة أخرى من الأشعة فوق البنفسجية (من ٠,١٧ حتى ٠,٣٠ ميكرون) ويتحول جزء كبير

من هذه الأشعة عند إمتصاصها إلى طاقة كيميائية تحلل الأكسجين الذرى إلى جسيمات كهربية اللازمة لإتمام عملية التأين التي تتم في هذه الطبقة (في الجزء السفلى منها) في منطقة الأيونوسفير حتى ارتفاع ٣٠٠كم . وذلك تحت ضغوط منخفضة جداً ، كما يتحول كميات أخرى من تلك الأشعة إلى طاقة حرارية هي ألزم مايكون لرفع درجة حرارة تلك الطبقات وحفظ التوازن الحرارى فيها . وهذه الطبقة تتميز بخفة غازاتها حيث يسود فيها غازى الهيدروجين والهيليوم . وتطلق الغازات بهذه الطبقة إلكترونات بفعل الموجات القصيرة من أشعة الشمس مما يسبب تحول ذرات الغازات إلى آيونات والتي يمكن بناءاً عليه أن يطلق عليها إسم طبقة الجو المُؤَيَّن والتي تتميز بشحناتها الكهربية مما يجعلها وسطا موصلا للكهربية ، وقد إستفاد الإنسان من هذه الظاهرة في الاتصالات بالراديو والتليفزيون كما ذكر سابقا .

وترجع أسباب تأين الغازات على هذه الإرتفاعات إلى عدة عوامل أهمها :-

١- إنخفاض الضغط وقد يكون منعدم تماما .
٢- إستقبال الإشعاعات الصادرة من الشمس كأشعة إكس (X ray) والأشعة فوق البنفسجية .U.V ولذا نجد أن هذه الطبقات تصل نهايتها العظمى عند إنتصاف النهار وتقل عند الغروب .
٣- إستقبال الأشعة الكونية .
٤- تكون بعض أكاسيد الآزوت القابلة للتأين بسهولة والناتجة عن الإحتراق الذى يحدث للشهب والنيازك التي تهوى إلى الأرض .
٥- الطبقة الخارجية Exosphere

وتمتد هذه الطبقة من الثرموبوز حتى تتلاشى في الفضاء الكونى . أي تمتد بين إرتفاعى ٨٠٠ إلى أكثر من ١٠٠٠ كيلومتر نحو الفضاء البيكوكبى أو

الفضاء الكونى الذى بين الكواكب أو بين الكواكب والشمس وبين النجوم وبعضها البعض ..

وهنا توجد الذرات والآيونات وليس بينها أي تجاذب .

ولذا لاينتشر الصوت العادى لأن المسافات بين مكونات الهواء تكون مساوية تقريبا لأطوال الموجات الصوتية أو قد تكون أكبر منها . وإذا تيسر للإنسان أن يجاوز هذه الطبقة إلى الفضاء الكونى فإنه يرى الكون مظلماً حوله حيث لايتشتت ضوء الشمس ولا يضاء سوى الجزء الذى تسقط عليه الأشعة فقط .

العناصر الجوية .

كل مايمكننا قياسه من صفات الهواء الطبيعية أو نقدره أو حتى نَصِفَهُ بدقة علمية يسمى عنصرا جويا ، وهذه العناصر هي التي تحدد حالة الطقس أو المناخ بدقة لموطن ما ، أو لمنطقة جغرافية محددة .

وأهم العناصر التي تحدد طبيعة الجو في أي موطن هي :-

١- الحرارة
٢- الضغط الجوى
٣- الرياح
٤- الرطوبة
٥- السحب
٦- مقدار الهطول على المنطقة ونوعه (قطرات مائية - ثلج – برد)
٧- حالة الجو عموما من حيث تواجد أو إقتراب أو إنتهاء العواصف ومنها عواصف الرعد وعواصف الرمال والعواصف الثلجية .
٨- درجة شفافية الهواء أو مدى الرؤية ، وهذا العنصر يعتبر هام جدا بالنسبة للملاحة سواء جوية أو بحرية .

هذا ويتم تحديد عناصر الجو في أمكنة متفرقة على الأرض (محطات الرصد الجوى) ويمثلها محطة رئيسية في كل دولة تخرج منها بيانات الأرصاد . ويتم رصد هذه العناصر في ساعات معينة من كل يوم ووضعها على خرائط خاصة تُعْرَف بخرائط الطقس أو خرائط التنبؤ الجوى .

الباب الرابع

الحرارة HEAT

تعرف الحرارة بأنها إحدى صور الطاقة التي يتسبب عنها سخونة ألأجسام المادية أو هي المؤثر الذى يسبب بإنتقاله إلينا إحساسا بالسخونة أو البرودة .

وتعرف الطاقة Energy بأنها القابلية لإحداث شغل Work أو بتعبير بسيط هي كل مايبعث الحركة في الأجسام .

وهناك عدة صور للطاقة مثل :-

الطاقة الكهربية – الطاقة الكيميائية – الطاقة الحرارية – الطاقة الإشعاعية – الطاقة النووية .... الخ . وهذه الصور من الطاقة متشابكة العلاقة بعضها ببعض ، بمعنى أنه يمكن تحويل أي صورة منها إلى الصور الأخرى ولكن بطرق خاصة ومعقدة نوعا ما . كما يمكن إختزان كل هذه الطاقات تحت إسم الطاقة الكامنة .

تعتبر الشمس هي المصدر الرئيسى أو الأساسى إن لم يكن الأوحد المؤثر في حرارة جو الأرض . حيث أن كمية الحرارة التي تصل إلى الأرض من الكواكب الأخرى والقمر تعتبر ضئيلة جدا بما في ذلك الحرارة الإشعاعية الذاتية من باطن الأرض تكاد تكون معدومة التأثير على جو الأرض .

فالشمس ذلك النجم الهائل الذى يزيد قطره عن المليون وثلث المليون متر ، أي أن قطر الشمس أكبر من قطر الأرض مائة مرة ، ولكنها ماهى إلا آتون ذرى هائل يحول الكتلة الغازية عن طريق التفاعلات النووية التي تحدث داخلها إلى طاقة إشعاعية . فكل ثانية يتم تحويل ٥٨٧ مليون طن من غاز الهيدروجين إلى ٥٨٣ مليون طن من غاز الهيليوم . أما الأطنان الأربعة

الباقية فهى تتحول إلى طاقة إشعاعية تتناثر في الفضاء الكونى ولا يصل منها إلى الأرض سوى جزئين من مليار جزء .

ومن تقدير العلماء للكتلة الغازية للشمس يتضح أنها لاتزال في مقتبل العمر . وكلما زادت في العمر كلما زاد لهيبها وسوف يصل الحال بعد مرور آلاف الملايين من السنين على ان تغلى مياه المحيطات ويتشتت الغلاف المحيط بالأرض في أرجاء الكون ، وبذلك تنتهى جميع صور الحياة على الأرض .

ويقدر علماء الفلك درجة حرارة الشمس على سطحها الخارجي بحوالي ٦٠٠٠ درجة مئوية أما في الداخل فلا سبيل إلى تقديرها إلا بملايين الدرجات مما يفوق حد الوصف وإنه لمن حسن حظنا أن وجودنا على بُعْدْ ٩٣ مليون ميل من الشمس لايعرضنا إلا لجزء يسير وبسيط من الأشعة التي ترسلها وكما يعرف كل فرد من أن كوكبنا يدور حول هذه الشمس المرتفعة الحرارة بسرعة فائقة كما أنه يدور دورة كاملة حول محوره كل ٢٤ ساعة ، وبذلك يتعرض كل جزء من سطح الأرض للشمس ثم يبتعد عنها فنقول أن الشمس تشرق وتغرب . وينجم عن هذا الدوران إختلاف درجات الحرارة مابين الليل والنهار ، أي أنه يسبب بعض مانعانى من تغيرات يومية في الجو . وقد يتبادر إلى أذهاننا أن إقتراب الأرض من الشمس لايتم إلا في الصيف ؟ إلاَّ أن الأمر على النقيض تماما ، ومن المدهش حقاً أن هذا الإقتراب لايحدث بالنسبة إلينا (أي في نصف الكرة الشمالى مثلا) إلا في الشتاء . فنحن عندما يحل بنا فصل الشتاء نكون أقرب إلى الشمس (أو أقل بعداً من بعدنا عنها خلال الصيف .

ولكن إذا كان الأمر كذلك فلماذا إذاً لانجد الشتاء أدفأ أو أشد حرارة من الصيف ؟

إن هذا الأمر كان يمكن أن يحدث لولا ميل محور الأرض . فليس من شك أنه لولا هذا الميل لكان جو الشتاء عندنا أكثر حرارة من جو الصيف " فالمعروف علميا أنه كلما تعامدت الأشعة الساقطة على السطح عَظُمَ أثرها الحرارى والعكس بالعكس " . والذى يحول دون حدوث هذه الظاهرة هو ميل المحور الذى تدور حوله الأرض . فبينما يتجه قطبها الشمالى خلال الصيف عندنا (نصف الكرة الشمالى) نجد أنه في الشتاء عندما تكون الأرض في الجزء المقابل من المسار يميل متباعداً عنها . وهكذا نجد انه بالرغم من وجودنا على مسافة كبيرة نسبيا من الشمس خلال الصيف فإن أشعتها تتساقط مباشرة فوق الرؤوس بوفرة وغزارة . أما في فصل الشتاء فتصلنا هذه الأشعة مائلة فلا تحدث من الأثر والتسخين ماتحدثه أشعة الصيف المتعامدة أو القريبة من التعامد . أما في فصلى الربيع والخريف فلا يتجه أي قطب من قطبى الأرض (أو طرفى محور الدوران) نحو الشمس أو بعيدا عنها . ولكنهما يميلان إلى جنب . وبذلك نحصل على كميات من الأشعاع الشمسى أكبر من تلك التي نحصل عليها خلال الشتاء وأقل مما نحصل عليه في الصيف . وهذا هو أساس إعتدال الجو عموما في فصلى الربيع والخريف كما هو معروف .

ولما كانت الشمس بهذا القدر الهائل من الأثر الحرارى على جو الأرض لذا يجب أن ندرس الإشعاع الشمسى قبل التعرض للحديث عن درجات الحرارة وكيفية قياسها وتوزيع الحرارة على سطح الأرض .

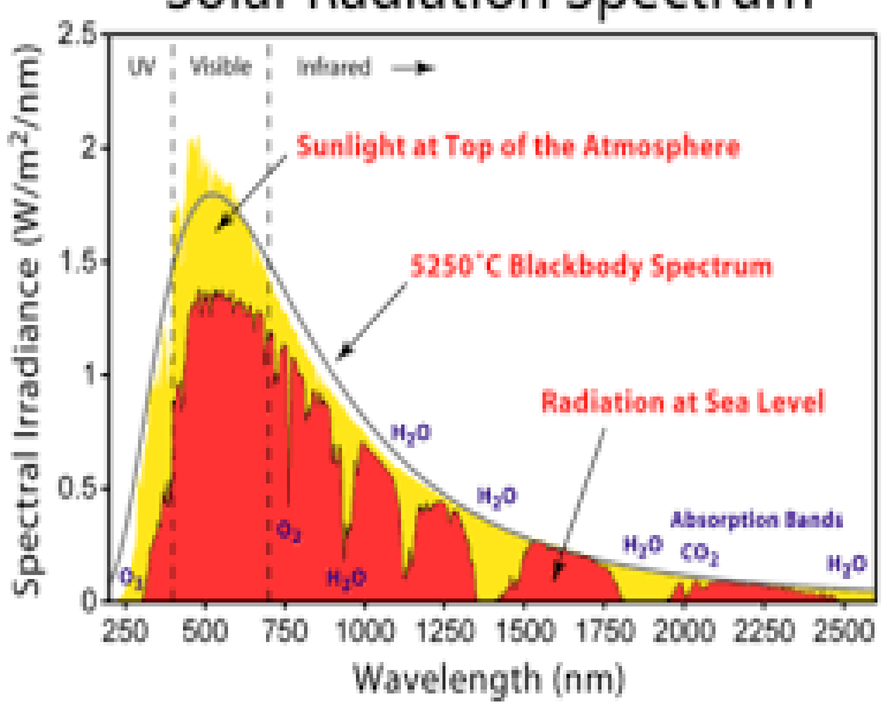
الطاقة الإشعاعية للشمس : Insulation

ترسل الشمس أشعتها بلا إنقطاع ويتم حصر طيف هذا الإشعاع بين موجتين. أقصرهما ٠,١٧ ميكرون (الميكرون = ٠,٠٠٠١ سم) وأطولهما نحو ٤-٥

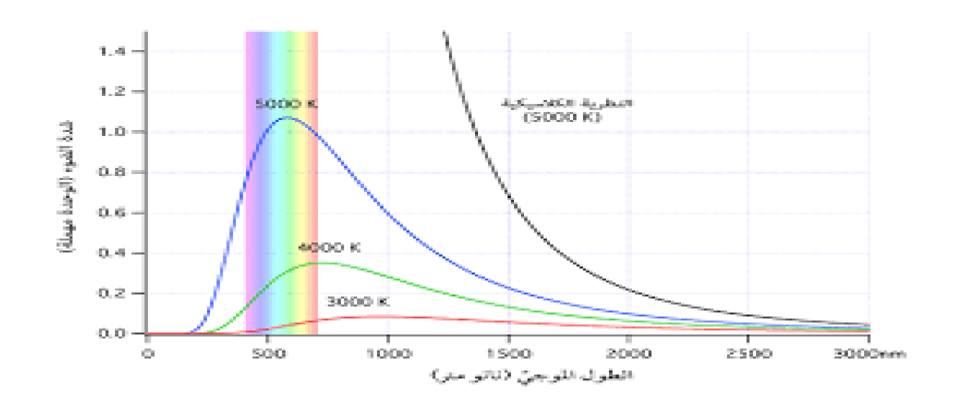
ميكرون . ويمكن تقسيم هذا الطيف إلى ثلاثة مجاميع رئيسية من الأطوال الموجية كما هو مبين في الجدول التالى :

م.	نوع الطاقة الإشعاعية	مدى الطول الموجى بالميكرون	النسبة المئوية من الإشعاع الشمسى	التأثير العام للأشعة
١-	فوق البنفسجية	٠,١٧ - ٠,٣٩	٪٩	تأثير كيميائى
٢-	ضوئية	٠,٤٠ – ٠,٧٤	٪٤٥	تأثير ضوئى
٣-	تحت الحمراء	٠,٧٥ – (٤-٥)	٪٤٦	تأثير حرارى





(شكل ١٠) رسم بيانى يوضح كمية الطاقة الإشعاعية طبقا لطولها الموجى



(شكل ١١) يوضح توزيع ألوان الطيف في الضوء الأبيض

شكل ١٠ ، ١١) التوزيع الكمى والنوعى للطاقة الإشعاعية

وكما هو واضح لاتتساوى الطاقة المنصرفة على الأطوال الموجية المختلفة . ويتغير مقدار الإشعاع الشمسى الذى يصل إلى بقعة ما من سطح الأرض بإنتظام تبعا لعدة عوامل فلكية منها :-

١- زاوية ميل أشعة الشمس ، ويكون الإشعاع كبيراً كلما تعامدت الأشعة على سطح الأرض .

٢- المسافة بين الشمس وهذه البقعة ، وتكثر كثافة الإشعاع الشمسى كلما قلَّتْ المسافة .

وبمناسبة ذكر كثافة الإشعاع الشمسى فإنها تبلغ حوالى سعرين حراريين في الدقيقة على السنتيمير المربع خارج نطاق الغلاف الهوائى ويطلق على هذا الرقم إسم (الثابت الشمسى) . وهو يختلف داخل جو الأرض لأسباب عديدة تتعلق بجو الأرض نفسه ، منها إمتصاص الأشعة فوق البنفسجية بواسطة غاز الأوزون ، وكذلك إمتصاص بخار الماء المتراكم في الطبقات السطحية من الغلاف الجوى جانبا من إشعاعات الشمس الأخرى بالإضافة لوجود شوائب

وأتربة في الجو تقوم بعمل الإمتصاص التخيري لحزم من الأشعة الشمسية ..

٣- شفافية الغلاف الجوى تبعا لكمية السحب العالقة وأنواعها .

٤- إختلاف عدد ساعات طول النهار في اليوم من مكان لآخر .

ذكرنا فيما سبق الطاقات التي ترسلها الشمس وأطوال موجاتها وفيما يلى موجز لكل منها وأهميتها :-

الأشعة فوق البنفسجية : Ultra Violet Rays (Chemical Rays.)

إن التعرض لجرعات كبيرة من هذا النوع من الأشعة يسبب تأثيرا كيماويا ضاراً للكائن الحى ، فهو يسبب للإنسان الإصابة بسرطان الجلد وإصابة الأعين بالعمى . ولذا شاءت رحمة الله أن تمتص أغلب هذه الأشعة في طبقات الجو العليا بواسطة الأكسجين الذري والأوزون وقد أمكن إستخدام هذه الطاقة وإستغلالها في التطبيقات العملية مثل تعقيم جو المعامل وتعقيم حجرات العمليات حيث أن تعرض الكائنات الحية الدقيقة لهذه الأشعة بكميات كبيرة يعمل على قتلها وإبادتها ، أما إذا تعرضت تلك الكائنات لجرعات بسيطة فينتج عنها بعض الطفرات الوراثية ، ولذا فهى تستخدم في معامل الوراثة لإنتاج طفرات عوضا عن مادة الكوليشيسين .

كما أن هذه الأشعة تلعب دورا مؤثراً على المحاصيل والثمار حيث تسبب تلف للعديد من الثمار بما يعرف (لسعة الشمس) وهى واضحة على ثمار كل من الطماطم والفلفل والنباتات التي تصاب بأمراض تقلل من المجموع الخضرى مما يجعل الثمار عرضة لإمتصاص كمية كبيرة من تلك الأشعة فيؤدى إلى موت الخلايا المعرضة للشمس لكونها خلايا حية ثم لاتلبث أن تصاب ببعض الأعفان والرميات الحيوية التي تؤدى إلى خسائر كبيرة في

المحصول أثناء الحصاد والنقل والتخزين مع إحجام المستهلك عن شرائها لتشوهها .



(شكل ١٢) بعض الثمار المصابة بلسعة الشمس .

ونظرا لأن كميات كبيرة من هذه الأشعة يتم إمتصاصها في طبقات الجو العليا فالجزء الضئيل الباقى يصل إلى الأرض كدواء ، فعندما تتعرض بشرة الإنسان للإشعاع الشمسى تتفاعل هذه الأشعة مع الدهون الموجودة تحت الجلد فيتكون فيتامين (د) وذلك في المناطق ذات الجو النقى مثل شواطئ البحار ومصحات الجبال العالية بأوروبا .

أما الجو المترَبْ (الموجود به أتربة كثيرة) مثل جو المدن وخاصة المدن الصناعية فهو يحجب كثير من هذه الأشعة القليلة النافعة . والمعروف أن

فيتامين (D) يقى الإنسان من الإصابة بأمراض العظام والصدر والبرد (مثل لين العظام – الكساح – الدرن – الزكام – النزلات الشعبية) ، ولذا تكثر الإصابة بهذه الأمراض في المناطق الرطبة الباردة ، من أجل ذلك نجد دائما الأطباء ينصحون المرضى بمثل تلك الأمراض بأخذ حمامات الشمس على سواحل البحار أو فوق الجبال طبقا للمتاح جغرافيا بالمكان .

ويجب ألا يغيب عن الذهن أن طول فترة التعرض للشمس يزيد من الجرعة التي يستقبلها الجلد مما يسبب تأثيراً عكسيا ، وما إسمرار البشرة الذى يظهر عقب ذلك إلا نتيجة لزيادة الصبغيات الجلدية التي يكونها الجسم كوسيلة دفاعية لحمايته من هذا التأثير الضار .

كما أن بعض الطاقة الإشعاعية الفوق بنفسجية تتحول عند إمتصاصها في طبقات الجو العليا إلى طاقة حرارية وهى ألزم مايكون لحفظ التوازن الحررارى لجو الأرض .

ومن فوائد الأشعة فوق البنفسجية أيضا مايحدث من عمليات الكيمياء الإشعاعية التي تتم في طبقات الجو العليا وإنتاج غاز الأوزون كأحد مركبات الأكسجين بمساعدة الطاقة الحرارية الناتجة عن إمتصاص الطاقة الإشعاعية فوق البنفسجية ولولا تلك المساعدة لتعذر إتمام عمليات التأين هذه في تلك الطبقات العليا ذات الضغوط المنخفضة جدا .

الأشعة الضوئية : Light Rays

الأشعة الضوئية التي نراها بيضاء اللون بأعيننا البشرية ليست في حقيقتها إلا مزيجا من سبعة ألوان تشكل فيما بينها مايسمى بألوان الطيف المرئي .

وتظهر هذه الألوان بوضوح في الأفق حين يسقط المطر في وقت تشرق فيه الشمس حيث يعانى الشعاع الضوئى الأبيض من إنكسارات وإنعكاسات عند

سقوطه على قطرات المطر المتعلقة في الهواء فتعمل على تحليله إلى ألوانه التي تبدو في شكل قوس كبير يسمى قوس قزح Rain bow .

وترتيب هذه الألوان حسب أطوالها الموجية كالتالى :

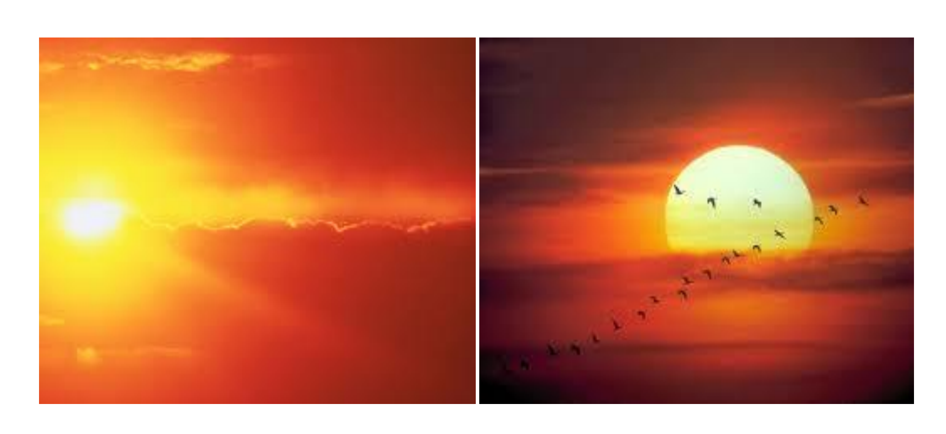
م	اللون	متوسط الطول الموجى بالميكرون
١	اللون البنفسجى	٠,٤٢
٢	اللون الأزرق	٠,٤٧
٣	اللون النيلى	٠,٥١
٤	اللون الأخضر	٠,٥٥
٥	اللون الأصفر	٠,٦٠
٦	اللون البرتقالى	٠,٦٥
٧	اللون الأحمر	٠,٧١

وكما نرى فإن الطاقة الإشعاعية الضوئية ذات أطوال موجية تتيح لها فرصة التشتت وبالتالي فإنها تنير جو الأرض نهارا .

ونلاحظ أن أكبر كمية من الطاقة الضوئية ترسلها الشمس تكون متوسط أطوال موجاتها ٠,٤٧ ميكرون وهذه تقع في نطاق الضوء الأزرق مما يفسر ظاهرة القبة السماوية الزرقاء ، حيث أنها تنشأ من تشتت أو تناثر الإشعاعات الشمسية في أرجاء الجو ، والمعروف أن كمية الطاقة التي تتناثر تتناسب عكسيا مع الأس الرابع لطول الموجة المتناثرة . أي أنه كلما صغر طول الموجة زادت كمياتها المشتتة ، ولذا كانت ظاهرة القبة السماوية الزرقاء ناشئة عن تشتت الأمواج الزرقاء حيث أنها أصغر الموجات طولا وأغزر الطاقات التي ترسلها الشمس .

إذاً هي ظاهرة جوية يمكن أن تتحول إلى قبة حمراء أو صفراء إذا تناثرت في الجو حبيبات صغيرة مثل الأتربة أو نقط الماء كما يحدث في كل من الشفق والغسق عند شروق الشمس وعند غروبها .

وتفسير ذلك أن الشمس عندما تكون قريبة من الأفق تمر أشعتها أكثر مايمكن في الطبقات السطحية المحملة بالأتربة وبخار الماء فتعطى ألوان الشفق والغسق خصوصا عندما تكون تحت الأفق .



(شكل ١٣) ظاهرتى الشفق والغسق وتغير لون القبة السماوية .

وهذه الأشعة الضوئية مهمة جدا ليس من ناحية الرؤية فقط ولكنها أساس العمليات الحيوية والإنتاجية في النبات ، لأننا نعلم أن النبات هو الكائن الوحيد المنتج على سطح الأرض أما باقى النباتات إما مستهلكة أو محللة للمادة العضوية .

فالأشعة الضوئية هامة جدا للنباتات منذ إنباته حتى النضج ، فهى لازمة لتزهير النباتات وعمليات التمثيل الضوئى ، فالنبات يستخدم فوتونات الضوء لتحليل المياه لعناصرها الأساسية ليحصل على الهيدروجين ويضيفه إلى ثانى أكسيد الكربون الذى يحصل عليه من الهواء الجوى ليكون الكربوهيدرات والتي تدخل في عدة تفاعلات بعد ذلك لتكوين المركبات النباتية المختلفة التي

تميز النباتات عن بعضها في الطعم والإستخدام . ونعود إلى إحتياج النبات للأشعة الضوئية لكى يتم عمليات التزهير فنجد أن كل نوع نباتى له قدر معين من الأشعة الضوئية لازمة لتزهيره ، وهذا هو السر في إختلاف تزهير النبات تبعاً لإختلاف المناطق على سطح الأرض وكذلك تبعا لإختلاف فصول السنة . فنجد بعض النباتات تكون أزهار وثمار في دول ولكنها لاتكون أي أزهار في دول أخرى ولذا فهى تعتمد في تكاثرها على التكاثر الخضرى كما في محصول القصب (قصب السكر) في مصر . وتلعب درجات الحرارة مع طول فترة الإضاءة دور مميز ومحورى في هذا الأمر .

كما نجد أن الضوء الأزرق أساسى في عملية البناء الضوئي في النبات حيث يمتصه الكلوروفيل والصبغات المساعدة له ، والضوء الأحمر ضوء أساسى لحياة النبات حيث يقوم الكلوروفيل بإستغلاله في بناء المواد الكربوهيدراتية وتلون الأزهار وكذلك تلون الثمار ونضجها . وما الشكل الجمالى الذى نراه على في المروج وتلون الأزهار وأشكال الثمار على الأشجار في مناظر تريح العين ماهى إلا ناتج للإمتصاص التخيرى لألوان الطيف المرئى المكون للأشعة الضوئية .



(شكل ١٤) الإمتصاص التخيرى للحزم الضوئية لإظهار الألوان

وكما هو واضح نجد أن ضوء النهار ناتج من تشتت ضوء الشمس في الغلاف الجوى وعلى ذلك فهو يلازم الأرض فقط أما باقى الفضاء الجوي فهو مظلم بطبيعته لعدم وجود عناصر وجزيئات تعمل على تشتيت الاشعة الضوئية . ولذلك إذا صعد الإنسان إلى الفضاء وجد الأفق مظلم أسود ولا يرى القبة السماوية الزرقاء . وتظهر النجوم نهاراً والإضاءة هناك لاتتضح سوى على الأسطح المادية التي تسقط عليها الشمس المباشرة وتكون عندئذٍ شديدة .

الأشعة تحت الحمراء : (Thermal Rays) Infera red

وهذه الأشعة لازمة لحفظ التوازن الحراري بين الأرض وجوها وتعتبر الأشعة تحت الحمراء أطول الموجات الإشعاعية التي تصل إلى الأرض من الأشعة الشمسية كما أنها تتحول إلى أشعة حرارية بإمتصاصها في أي جسم قادر على إمتصاص تلك الأشعة . ويتم إمتصاص بعض من هذه الأشعة بواسطة السحب أما الجزء الذى يصل إلى الأرض فيمتص عند سطحها ويرتد جزء من تلك الطاقة الإشعاعية من الأرض إلى الفضاء بواسطة الإنعكاس والفرق بين كل الأشعة القادمة وكل الأشعة المفقودة الخارجة يعرف بصافى الطاقة . وتقاس بأجهزة تعرف باسم Net Radiometer .

ويستخدم نحو ثلث الطاقة الإشعاعية الحرارية الواردة إلى سطح الأرض في عمليات التبخير وتحويل المياه من الأسطح المائية إلى بخار يتصاعد في الجو. ويحتفظ بخار الماء بتلك الطاقة الحرارية " الحرارة الكامنة للبخر " وهى تساوى ٥٨٥ سعر حرارى / جرام من الماء ، إلى حين أن يتكثف هذا البخار وتنطلق منه هذه الحرارة الكامنة في الطبقات التي تتكون فيها السحب ، وبهذه الطريقة تكتسب الطبقات العليا من الجو بعض حرارة الإشعاع الشمسى بطريق غير مباشر مما يعمل على حفظ التوازن الحرارى بين

الأرض والجو ويمكن أن تنتقل هذه الطاقة عند إنطلاقها في صورة حرارة على تلك الإرتفاعات إلى كثير من بقاع الأرض بواسطة الدورة العامة للرياح.

والحرارة أيضا لازمة لنمو النباتات ، فهى أساس توزيع المحاصيل والنباتات على سطح الأرض . وهى أساس تواجد جميع أنواع الثمار دون إنقطاع على سطح المعمورة ، فنجد أن فاكهة الصيف في نصف الكرة الجنوبى بينما فاكهة الشتاء في نصف الكرة الشمالى والعكس يحدث مع الحركة الظاهرية للشمس وتتغير الفصول فتختلف أنواع الفاكهة . وتلك من نعم وفضل الله علينا. كذلك إختلاف درجات الحرارة تلعب دورا كبيراً في إختلاف محاصيل الخضر ومواسم زراعتها مما يؤدى إلى تنوعها لإرضاء الذوق العام للمستهلك .

في نفس الوقت نجد أن درجات الحرارة هامة جداً لعملية الإنبات وسرعة خروج البادرات من التربة للهروب من الإصابة ببعض فطريات التربة التي تسبب أعفان للبذور أو موت للبادرات قبل ظهورها فوق سطح التربة نتيجة لإستهلاكها المادة الغذائية اللازمة لتكوين الجذير والريشة والأوراق الحقيقية التي يمكنها أن تقوم بعملية التمثيل الضوئى لتكوين مركبات تقاوم بها مثل تلك الفطريات . وبعض البادرات تحتاج درجة حرارة معتدلة عند الإنبات وإذا تعرضت لموجة من البرد تموت البادرات كما يحدث في بادرات القطن الذى يلزم لنجاحه أن لاتجتاح البلاد موجات باردة عقب زراعته مباشرة . وتلك مشكلة نعانى منها في معظم المحاصيل التي يتم زراعتها بين فصلى الشتاء والربيع والتي يطلق عليها (الزراعة المحيرة) لعدم ثبات درجات الحرارة على وتيرة واحدة خلال تلك الفترات ، فنجد أن تلك الفترة متقلبة بين ارتفاع وإنخفاض في درجات الحرارة .

مما سبق نجد أن الطاقة الإشعاعية الحرارية ضرورية جداً لحفظ التوازن الحرارى لجو الأرض وبالتالي لإستمرار الحياة بجميع أنواعها وصورها على سطح الأرض سواء لنمو النبات أو حياة الإنسان والحيوان .

إستخدامات الطاقة الشمسية في الحياة العملية وأضرار بعض الطاقات الأخرى :

من ثمانينات القرن الماضى والأنظار تتجه إلى مصادر متجددة للطاقة بديلة عن مصادر الطاقة الحفورية (الفحم والبترول) ولم يجد العلماء سوى الطاقة الشمسية كمصدر وحيد متجدد ودائم للطاقة النظيفة خاصة إذا تم إستخدامه الإستخدام الأمثل ، حيث أن الشمس نادراً ماتغيب مع وجود مساحات كبيرة من الصحاري التي لاتستخدم زراعيا فيمكن إستخدامها كمحطات توليد كهرباء بالطاقة الشمسية ، وذلك للتغلب على مشاكل الطاقة في العالم وخاصة المشاكل البيئية التي تنتج عن إستخدام وسائل الطاقة الأخرى .

فمن سلبيات إستخدام الطاقات الأخرى أنه عند إحتراق الوقود مثل الفحم أو الزيت والبترول فإنه ينتج عن ذلك كمية كبيرة جدا من الجزيئات الصلبة كحبيبات الزفت أوالقار وكذلك بعض الغازات الضارة التي تهدد الصحة العامة مثل أكاسيد الرصاص وأول أكسيد الكربون وغيرها . وعندما إستخدم الناس الفحم كوقود في المنازل بكثرة نتج عن ذلك دخان كثيف كريه الرائحة وتسبب في قتل كثير من الناس ، ففي لندن عام ١٩٥٢ م تسبب هذا الدخان في قتل أربعة آلاف شخص في خلال أربعة أيام . وفى مدينة لوس أنجلوس في الساحل الغربى من الولايات المتحدة الأمريكية المعروفة بدخانها الكثيف وهوائها الملوث . وينتج هذا الدخان من عادم السيارات وكثير من المواد الكيماوية التي تتفاعل مع الضوء وقد يظل هذا الدخان الكثيف جاثما في الجو لعدة أيام مما يتسبب عنه أضراراً كثيرة بالأجهزة التنفسية للسكان خاصة

الأشخاص كبار السن . كذلك نجد أن عادم السيارات خاصة في المدن المزدحمة مثل مدينة القاهرة وكذلك محطات توليد الكهرباء البدائية فإن دخانها يحتوى على غازات ثانى أكسيد الكربون وثانى أكسيد الكبريت وأكاسيد النيتروجين فتسبب هذه الغازات تهيجات للرئة محدثة الكحة بالإضافة إلى زيادة في إفراز الدموع نتيجة تهيج غشاء ملتحمة العين . وهذه الغازات تحدث أضراراً بالرئة إذا كانت بكمية كبيرة ، أما غاز أول أكسيد الكربون فهو يمنع الجسم من الإستفادة بالأكسجين .

كما أن إندفاع الناس لإستخدام وسائل لإنتاج الطاقة بأسعار زهيدة مثل الكاوتشوك والفحم والخشب والسولار مما ينتج عنه تلوث كبير للهواء الجوى كما حدث بالقاهرة في نوفمبر وديسمبر ١٩٩٩م من إختناقات كثيرة بسبب الدخان الكثيف فوق القاهرة الذى ظل فترة طويلة أدت إلى مناقشتها على أعلى المستويات . وكان نتيجته إتخاذ قرار بنقل جميع المسابك والمصانع إلى خارج الكتلة السكنية تماما . كالروبيكى والمدن الصناعية .

من هنا نجد أن وسائل الطاقة التي كانت تستخدم وما زالت تستخدم حتى الآن كلها ذات مخاطر جسيمة فمثلا إستخدام النفط (البترول) كوسيلة من وسائل الطاقة خلال القرن التاسع عشر والقرن العشرين إلا أنه نتج عنه أضرار جسيمة على الرغم من أنه مصدر الطاقة الأول للآن على مستوى العالم . وما كارثة حرق آبار النفط الكويتية عام ١٩٩١م إبان حرب الخليج ببعيدة فهى تُعَدُّ أكبر كارثة شهدها العالم فقد نتج عنها مقادير كبيرة من الدخان أدت إلى تكوين سحب دخانية سوداء اللون كثيفة سقطت منها امطار سوداء وهى أمطار عالية الحموضة أثرت تأثيرا ضاراً على التربة الزراعية ومياه الخليج بالإضافة إلى تلوث الهواء بغازات أكاسيد النيتروجين والكبريت والرصاص وأصبحت البيئة غير صحية وغير صالحة للحياة ، وإنتشرت

أمراض الحساسية وأمراض الجهاز التنفسى ، كما تلوث الهواء أيضا ببعض المركبات الهيدروكربونية مثل ثانى كلورو البنزين وهو مركب ضار جداً بالكلى والكبد والجهاز التنفسي ، أما مركبات النفثالين فإنها مركبات ضارة بالعين بالإضافة إلى ضررها بالدم والكبد والكلى والجهاز التنفسى .

ولم تكن نتائج الكارثة خاصة بالإنسان فقط فقد تعرضت كثير من الحيوانات الأليفة للإختناق وماتت نتيجة إمتلاء المنطقة بسحب الدخان التي كست السماء باللون الأسود . مما أثر في الكائنات البحرية أيضا .

وعلى الرغم من ذلك مازال العالم كله يتجه إلى إستخراج البترول من باطن الأرض وإستخدامه كمصدر للطاقة في العديد من مناطق الإنتاج كما يستخدم وسيلة ضغط سياسية وصناعية ضد بعض البلدان لرضوخها لبلدان أخرى أو لحل أزمات سياسية بديلاً عن الحروب التقليدية . وما ألأزمة الروسية وأوكرانيا هذه الأيام (يناير وفبراير ٢٠٢٢م) في بحر الشمال وإستخدام روسيا لخط أنابيب البترول المغذى لمصانع الدول الأوروبية لإبعاد حلف الناتو عن التدخل بين البلدين ببعيد عن الأنظار أو المتابعة وكيف أن وسائل الطاقة قد تكون هي الأساس في حلول كثير من المشاكل بين الدول كوسيلة من الضغوط الاقتصادية والشعبية على الحكومات . كما أن الشركات المنقبة عن البترول تعتبرها صناعة سهلة رخيصة الإنتاج وذو فائدة عظيمة إقتصاديا في التسويق للخارج أو الداخل .وذلك للإستثمارات الكبيرة التي تتم في هذا المجال على مستوى العالم . واليوم ٢٠٢٢/٢/٦م أعلنت الإمارات عن تقليل إنبعاثات المواد الكربونية بنسبة ٣٠٪ حتى عام ٢٠٣٠ م . كما أن قيام صناعات كثيرة قامت على المركبات النفطية كصناعة البتروكيماويات وإستخراج بعض المركبات الهامة التي أصبح لاغنى عنها في الوقت الحاضر لدخولها كمواد وسيطة في الصناعة والزراعة والطب أصبح الطلب على

المواد البترولية عظيم . ولكن قد يكون إستخدام الغاز الطبيعى سواء على حالته أو بعد إسالته قد نجد فيه الأمل لتوفير جزء من الطاقة التي يمكن إستكمالها بوسائل أخرى .

في خمسينات القرن العشرين إتجه العالم للطاقة النووية كوسيلة حديثة نظيفة لإنتاج الطاقة تعتمد على الإنشطار النووي لبعض العناصر وكان الجميع يتوقع أن مشكلة الطاقة في طريقها للحل النهائي بزيادة بناء المفاعلات النووية السلمية التي تستخدم لإنتاج الطاقة النظيفة . ولكن يأتي إنفجار المفاعل الذرى الروسى (تشرنوبل) ثم تسرب بعض الإشعاعات النووية من بعض المفاعلات النووية اليابانية عامي ١٩٩٩، ٢٠٠٠م وما قد لحقه من دمار شامل في الأول وإصابة العديد من البشر في الحالة الثانية فقد حاول العلماء تغيير رؤيتهم في البحث عن وسائل أخرى أكثر أمانا لإنتاج الطاقة وتقليل إستخدام المفاعلات الذرية أو نفاياتها .

فعلماء البيولوجى إتجهوا لإنتاج الطاقة بواسطة الكائنات الحية الدقيقة . وعلماء الطبيعة والفلك أثبتوا أن الطاقة الشمسية كافية لإمداد العالم كله بالطاقة في حالة إستخدامها الإستخدام الأمثل ، ونظراً للتكلفة العالية التي تتكلفها وحدة إنتاج طاقة محولة من الطاقة الشمسية فلم يتم إستخدامها حتى الآن بالصورة المطلوبة ، ولكن مع زيادة التلوث الناتج من الوسائل الأخرى فيعتقد أنه خلال الأعوام القادمة ستكون الطاقة الشمسية هي أساس إنتاج الطاقة لإستخدامها في المجالات المختلفة نظرا لإنعدام عوادمها وبالتالي فهى طاقة أيضا متجددة فهى لا تنتهى وأيضا متوفرة على ٨٠٪ على الأقل من اليابسة وكذلك فهى وسيلة آمنة ليس لها أي آثار أو أضرار جانبية .

وخلال الخطة ٢٠٢٠-٢٠٣٠م تتجه الدولة لأن تكون معظم الطاقة المنتجة سواء للإستخدام المحلى أو سيتم تصديرها لدول الجوار عن طريق محطات

الطاقة الشمسية بالصحراء الغربية والتي تتمتع بطاقات إشعاعية مستمرة طوال العام قد لاتتمتع به دولة أخرى بالمنطقة .

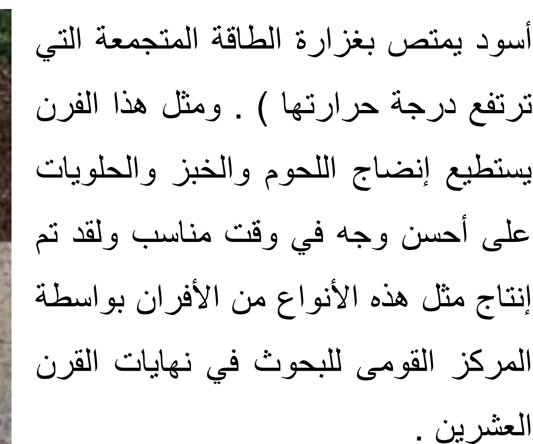
وسوف نلقى الضوء على بعض الأجهزة التي تستخدم الطاقة الشمسية كوسيلة للإستفادة منها عوضا عن مصادر الطاقة الأخرى وتاريخ إستخدام تلك الطاقة .

منذ بداية البشرية والإنسان يحصل على غذائه طازجا من على الأشجار خاصة في العصور البدائية والتي كان يعتمد فيها على الصيد . بعد نزول البشر إلى الأودية وتعلم كيفية نثر البذور والزراعة أصبح يتابع نضج المحاصيل وكيفية تخزينها بعد جفافها . بعد الاستقرار الدائم في مدن كان لابد من تجفيف تلك الحبوب جيدا لتتحمل فترات التخزين المختلفة . تطورت تلك الأساليب تدريجيا حتى أصبح تجفيف المحاصيل الزراعية عن طريق أشعة الشمس هي الوسيلة الوحيدة لحفظ الأطعمة بإستخدامها في تجفيف نباتات في مواسمها لإستخدامها في مواسم أخرى غير موجودة بها . فلكل بيئة طرق متباينة في التغذية وكيفية إعداد تلك الأطعمة وتجفيفها ، فيقوم الفلاحون بتجفيف الباميا والشطة والملوخية كمحاصيل خضر يمكن التغذية عليها في غير أوقاتها . بالإضافة لحصاد بعض الثمار بعد تركها على النباتات الأم لتجف بدلا من جمعها وهى خضراء طازجة (مثل ثمار العائلة البقولية) . كذلك تجفيف النباتات الطبية والعطرية لإستخدامها في التطبيب بعيدا عن أماكن إنتاجها . وأكبر مثال على إستخدام الأشعة الشمسية في حفظ الأطعمة هي أيام التشريق (الأيام التي تلى عيد الأضحى) والتي تكون فيه الذبائح كثيرة عن كمية الإستهلاك ، فمن ألف وأربعمائة سنة والمسلمون كانوا يقومون بتقطيع لحوم الأضاحى ويعرضونها لأشعة الشمس على صخور

الجبال في مكة حتى تجف وتتشرق (أي ينزع منها الماء) ليتم تخزينها وإستخدامها في أوقات العسرة التي لايكون فيها طعام .

تطور الفكر وأصبح الجميع يبحث عن تعظيم دور الأشعة الشمسية في إستخدامها سواء لإنتاج الطاقة أو إجراء عمليات زراعية وبيئية توفر للجميع إمكانية الحياة في بيئة نظيفة خالية من الشوائب والمخلفات على الرغم من التكلفة المبدئية لوحدات الطاقة الشمسية مرتفعة إلا أنها على المدى البعيد نجد أنها أقل بكثير من أسعار الطاقات الأخرى .

الفرن الشمسى : الفرن الشمسى ليس مجرد نظرية علمية ولكنه فرن عملى له أنواع متعددة ، وتقام عدة مسابقات على مستوى الشباب والباحثين تظهر إختراعاتهم في تطوير مثل تلك الأنواع من الأجهزة . وأبسط تلك الأفران التي تستخدم في المطبخ فهو على هيئة صندوق مكعب الشكل تغطَّى جدرانه من الداخل برقائق الألومونيوم البراق التي يمكن أن تُعَدُّ خصيصا لتجميع الإشعاع الشمسى نحو بؤرة في الوسط حيث توجد صفيحة سوداء (جسم



أسود يمتص بغزارة الطاقة المتجمعة التي ترتفع درجة حرارتها) . ومثل هذا الفرن يستطيع إنضاج اللحوم والخبز والحلويات على أحسن وجه في وقت مناسب ولقد تم إنتاج مثل هذه الأنواع من الأفران بواسطة المركز القومى للبحوث في نهايات القرن العشرين .



(شكل ١٥) صورة مبسطة للفرن الشمسى

كما توجد بعض الإبتكارات الأخرى مثل أوانى الطهى الحديثة التي إبتكرتها إحدى الشركات الصينية وتعمل بأشعة الشمس وتتحمل حرارة تصل إلى

٦٠٠مْ . وهى عبارة عن صندوق خشبى مبطن بالمرايا التي تمتص أشعة الشمس بنسب متساوية لفرن كهربائى وتستطيع هذه الأنية المبتكرة طهى اللحم البقرى في دقائق قليلة .



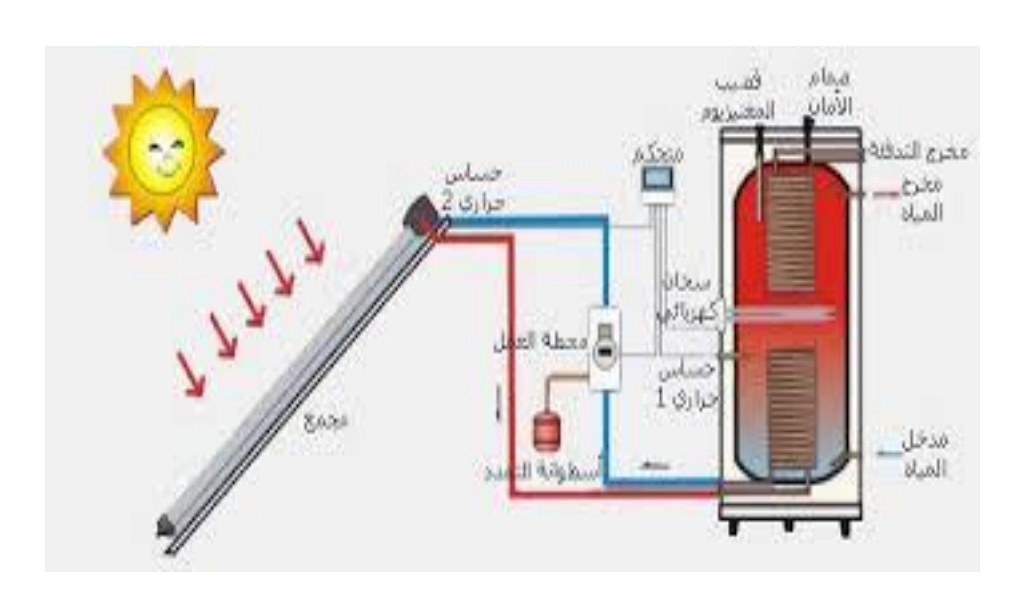
(شكل ١٦) بعض الإختراعات لإستخدام الطاقة الشمسية

تحلية مياه البحر : ويمكن إستخدام الطاقة الشمسية المباشرة في أثناء النهار في تبخير مياه البحار والحصول منها على مياه عذبة وأبسط الوسائل المستخدمة لهذا الغرض أن يوضع الماء المالح في أحواض تُغَطَّى بألواح من الزجاج الرقيق مثبتة في مستويات مائلة ويمكن أن ينفذ من خلالها الإشعاع الشمسى بسهولة ، وعندما يتسلط الإشعاع الشمسى على سطح الماء المالح يتحول بعضه إلى أبخرة تتصاعد إلى الأسطح الزجاجية المائلة فتتكاثف في صورة نقط مائية تنمو وتتحد مع بعضها ثم تسيل إلى خزانات خاصة في نهاية الأسطح الزجاجية حيث يمكن جمع الماء العذب الذى يستخدم للشرب وفى أغراض خاصة مثل ، ملء البطاريات والأجهزة العلمية خاصة إذا كان ذلك في مناطق صحراوية أو جبلية ولا يوجد بها ماء عذب للإستخدام . كذلك يعتمد عليها في الحروب لإمداد السيارات بما تحتاجه من مياه نقية لبعض محركاتها . ويمكن إستغلال هذه العملية على نطاق واسع في دول الخليج أو

الدول التي تطل على بحار أوبها مياه مالحة ويندر فيها سقوط الأمطار أو في المنتجعات السياحية التي تقام في أماكن على البحار بعيدا عن المياه العذبة بحيث يعاد تدويرها مرة أخرى لزراعة مثل تلك المنتجعات .

ويستخدم الإشعاع الشمسى أيضا لتحويل الماء إلى بخار يستخدم في إدارة الآلات الصغيرة التي يمكن بواسطتها مثلا رفع المياه في أعمال الرى وذلك عن طريق مرايا معدنية أسطوانية مستطيلة تدور مع الشمس وتثبت في بؤرتها أنابيب معدنية سوداء يتحول فيها الماء إلى بخار يستخدم في إدارة الألات الصغيرة أو في إدارة توربينات لتوليد الكهرباء .

السخانات الشمسية : فكرة بسيطة جدا لإستغلال الطاقة الشمسية نهارا لتسخين المياه للإستخدامات المنزلية توفيرا للطاقة وهى الآن منتشرة على معظم المباني في المدن الجديدة ، وهى عبارة عن صندوق محورى مبطن ببطانة سوداء أو مرايا مقعرة يتم تسليطها على المواسير الداخلية ويتم توصيل مواسير المياه المعدن داخل هذا الصندوق ودهانها باللون الأسود لتمتص أكبر كمية من الأشعة الشمسية الساقطة عليها تسخن المواسير وتنتقل منها الحرارة إلى المياه الداخلية فترتفع درجة حرارتها فتقل كثافتها تتحرك ليتم تخزينها في خزانات خاصة ملاصقة للسخان ليحل ماء بارد آخر بالسخان ليسخن وهكذا وكلما تم سحب كمية من مياه الخزان تعوض بماء ساخن من السخان . ويتم التطوير في مثل هذا النوع من السخانات سنويا للحصول على إمتيازات صناعية وتتنافس الشركات في ذلك سواء من حيث الحجم والمواد المستخدمة في الصناعة وضمان الصناعة لنيل رضاء المستهلك في إطالة عمر السخانات .



(شكل ١٧) صورة لتركيب أحد السخانات الشمسية

كما تستخدم الطاقة الشمسية لتسخين مياه حمامات السباحة بالنوادى والقرى الأولومبية بدلا من الطاقات الأخرى وذلك بتجميع الأشعة الشمسية بواسطة مرايا مقعرة ويتم تركيزها وعكسها على الماء داخل حمام السباحة مما يؤدى إلى رفع درجة حرارة الماء في الشتاء .

توليد الكهرباء : بدأت عملية تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كهربائية مع إنتشار الإعلانات الضوئية على الطرق التي ليس بها مرافق كهربائية ليلا . وتتمثل فكرة التحويل الكهربى للطاقة الضوئية ترجع إلى إمتصاص بعض العناصر لفوتونات الأشعة الضوئية فترفع درجة حرارة الذرات فيزيد مستوى الطاقة لبعض الإلكترونات في المدارات الخارجية فتنتقل إلى ذرة أخرى فيتحول العنصر الذى إنتقل منه الإلكترون إلى كاتيون موجب ، بينما تحول العنصر الآخر إلى آيون سالب

(شكل ١٨) صورة مبسطة للبطارية الشمسية

وبالتالي يتكون لدينا شحنتان كهربيتان مختلفتان (سالبة وموجبة) مما يعطينا

أطراف الدائرة الكهربائية التي يمكن إستخدامها في الإضاءة أو في بعض الأغراض التي سنتحدث عنها سواء كانت وقتية أو يمكن تخزينها في بطاريات ليثيوم لإستخدامها وقت الحاجة .



(شكل١٩ أ) إستخدام أسطح المنازل والمزارع في إنتاج الطاقة



(شكل ١٩ ب) محطة طاقة شمسية لتوليد الكهرباء

أفران التجفيف : ذكرنا سابقا أن الإنسان كان يحاول إستخدام الطاقة الشمسية في تجفيف بعض المواد الغذائية للحفاظ عليها من التلف والأعفان لحين إستخدامها ومع التقدم في زراعة العديد من النباتات التي تحتاج للتجفيف كالنباتات الطبية والعطرية وصناعة الزبيب والقراصيا والمشمشية وغيرها من ثمار الفاكهة ، ومع زيادة طلب المستهلكين على مثل تلك المنتجات إزدهرت تلك الصناعات الغذائية خاصة المجففة حيث لاتحتاج إلى وسائل

طاقة أخرى لحفظها مثل الثلاجات أو التجميد . ونظرا لأن عملية التجفيف بالأشعة الشمسية تحتاج ظروف خاصة وقد تأخذ وقتا كبيرا حتى يتم نزع المياه من الخلايا النباتية مما قد يؤدى إلى نمو بعض الأعفان عليها خاصة في الرطوبة العالية أو كثافة النباتات في المناشر مع إحتياج المستثمر إلى مساحة كبيرة لعمل مناشر تجفيف مما يؤثر عليه إقتصاديا . لذا فقد تم عمل افران خاصة توضع عليها وحدات بطاريات شمسية لتحويل الطاقة الشمسية الساقطة عليها إلى طاقة كهربائية والتي يتم توصيلها بسخانات داخلية تولد رياح ساخنة يتم ضبطها على درجة حرارة لاتؤثر على المواد الفعالة أو المركبات الموجودة في النبات أو لون الثمار وطعمها مع وجود شفاطات علوية لسحب بخار الماء المتصاعد من الأجزاء النباتية فيعمل على سرعة تجفيف المواد النباتية في وقت أسرع دون إتلافها أو تعرضها للإصابة بالأعفان والحفاظ على اللون والطعم المرغوب .



(شكل ٢٠) أفران تجفيف المنتجات الزراعية بالطاقة الشمسية

إدارة الآلات بالمزارع :

تستخدم الألواح الشمسية الآن بكثرة في المجال الزراعى لإدارة بعض الآلات الزراعية بالمزارع توفيرا للنفقات من جهة ولتوافر ظروف جيدة للإستخدام من جهة أخرى ، يتم الآن عمل ألواح للطاقة شمسية



شكل(٢١) إدارة طلمبات الأعماق بالطاقة الشمسية

لإدارة طلمبات الأعماق التي تستخرج مياه الري من باطن الأرض لري المزارع الصحراوية وأثبتت نجاحها بكفاءة عالية .

يتم إنتاج بعض الجرارات وآلات الحصاد التي تعمل بالكهرباء بدلا من السولار أو البنزين وذلك بتجهيزها بألواح شمسية لتوليد الطاقة الكهربائية اللازمة لإدارة محركات تلك الماكينات والتي توفر الكثير من التكلفة المالية والوقت اللازم لعمليات تمويل تلك المعدات بالسولار وغيره مع تقليل خطورة الحرائق التي قد تنتج من تسرب المواد البترولية في حالة إستخدامها .

تعقيم التربة : من أهم العمليات الزراعية التي يمكننا إستخدام الطاقة الشمسية فيها وذلك نظراً لزيادة نسبة تلوث التربة بالمبيدات المستخدمة في مقاومة الآفات الزراعية والتي يستخدمها الفلاحون دون وعى منهم محاولة لزيادة الإنتاج . ونظراً للقيود المفروضة حاليا على عمليات التصدير للمحاصيل الزراعية وعدم السماح بالتصدير في حالة وجود نسب معينة من المبيدات في الثمار إذا ثبتت بالتحليل الكيميائى وجودها .وكذلك محاولة الإتجاه للزراعة النظيفة للحفاظ على صحة المواطنين الذين يجب أن ينالوا غذاء آمن لهم ولأسرهم وأبنائهم للحفاظ على الأجيال القادمة . إتجه العلماء إلى إستخدام الطاقة الشمسية للحد من إنتشار مسببات الأمراض النباتية والأفات الحشرية

المتواجدة بالتربة . وفي هذه العملية يتم إستغلال أشهر الصيف الحارة ويتم حرث الأرض وتسويتها ثم يتم تغطيتها بالبولى إيثيلين وتروى رية خفيفة وتترك لمدة ١٥ يوم ، في وجود الحرارة العالية يتم إمتصاص تلك الأشعة الحرارية من خلال البولى إيثيلين وتوصيلها إلى التربة المبللة فترتفع درجة حرارتها لتصل مايقرب من ال٨٠ درجة ويتصاعد بعض من بخار الماء الذى ينفذ في خلايا الآفات فيؤدى إلى قتلها وبالتالي يقل الحمل الميكروبى في التربة وتقل كذلك الأفات الحشرية والنيماتودية مما يجعل التربة مهداً صالحا للزراعة وإستخراج نباتات سليمة خالية من الأمراض . وهى تعتبر أرخص وسيلة لتعقيم التربة بعيداً عن المواد الكيماوية التي تم تحريم معظمها دوليا . وقد إستخدم الباحثون العديد من أنواع البولى إيثيلين في إجراء عمليات التعقيم سواء من ناحية اللون أو السمك للتعرف على أنسب الأنواع التي يمكن التوصية بها للفلاحين .



(شكل ٢٢) إسستخدام الطاقة الشمسية في تعقيم التربة

استخدام الصوب الزراعية والبيوت المحمية

نتيجة للمحاولات المتعددة لحماية المحاصيل الزراعية من اضرار الصقيع والإنخفاض الشديد في درجات الحرارة الذى يؤثر بدوره في الإنتاج الزراعى . فكان الفلاحون يغطون النباتات بقش الأرز والبعض الآخر كان يقوم بتحميل نباتات متحملة للصقيع مع المحصول الرئيسى لحمايته والبعض الآخر يقوم بوضع نباتات جافة بجوار النباتات المنزرعة في محاولات للتغلب على الإنخفاض الشديد في درجات الحرارة . وبدأت وسائل التغلب الحديثة بإقامة البيوت الزجاجية ولكن كانت على نطاق محدود نظرا لتكاليفها العالية . وبعد تطور الصناعات البتروكيماوية وإنتاج البولى إيثيلين إستطاع العلماء منذ منتصف القرن الماضى إستخدام البولى إيثيلين في تغطية النباتات بعدة وسائل منها عمل أنفاق للزراعة وتغطيتها بالبلاستيك في مستوى سطح الآرض . ثم بدأت الصوب الزراعية البلاستيكية والتي تحافظ على درجات الحرارة بداخلها وأمكن إنتاج نباتات صيفية في الشتاء . على الرغم من أن أساس إنشائها كان لإنتاج الزهور التي تغطى عائدها الإقتصادى تكاليفها الباهظة . ولكن الآن مع ارتفاع أسعار المنتجات الزراعية ووجود أصناف ذات إنتاجية عالية من الخضر مثل الطماطم والخيار والفلفل الملون والباذنجان إنتشرت الصوب الزراعية وأصبحت أساسية في الإنتاج الزراعى وهى أفضل مثال لإستخدام الطاقة الإشعاعية الشمسية في تدفئة الصوب بمرور الأشعة الضوئية والحرارية فترفع درجة حرارة الهواء داخل الصوبة ولا تسمح بخروجها مرة ثانية مما يساعد على إنتاج نباتات في غير مواعيدها .

كما تم إستغلال هذه العملية الآن في إنتاج الفاكهة مبكرا عن مواعيدها كما في بعض أصناف العنب والخوخ والمانجو التي يتم زراعتها ومعاملتها تحت الصوب البلاستيكية خاصة في الأراضى الصحراوية .



(شكل ٢٣أ) الصوب الزراعية



(شكل ٢٣ ب) كمية الإنتاج من الصوب الزراعية

الإتزان الحرارى للأرض ككوكب

ذكرنا فيما سبقأن من أهم الأدوار التي يقوم بها الغلاف الجوى للأرض هو حفظ التوازن الحرارى لها ، بمعنى أنه حينما تسطع الشمس نهاراً لاتكون الحرارة المكتسبة كبيرة جداً بحيث تقضى على الحياة فوق سطح الأرض ، وحينما تُحْجَب الشمس ليلا لاتكون الحرارة المفقودة كبيرة جداً بحيث يتجمد الأحياء فوق سطح الكوكب .

ولقد قُدِّرت الطاقة المفقودة عن طريق رد الأرض وغلافها الجوى للإشعاع الشمسى بنحو ٣٥٪ بينما يمتص الباقى نهاراً وقدره حوالى ٦٥٪ عند سطح الأرض وفى جوها ، وهذا القدر يتحول كله إلى طاقة حرارية ترفع درجة حرارة الجو وسطح الأرض (اليابس منها والماء) وفى المساء تتحول المواد الماصة للحرارة إلى مواد مشعة لها وهذا هو سبب التوازن الحرارى في جو الأرض .

ولكى يتضح الدور الذى يقوم به الغلاف الجوى بالتفصيل في حفظ التوازن الحرارى للأرض يجب الإلمام بجانبين :-

الأول : تأثير الغلاف الجوي على الطاقة الإشعاعية الشمسية .

الثانى : مصير الطاقة الإشعاعية التي تصل إلى سطح الأرض وجوها .

أولاً : تأثير الغلاف الجوى على الطاقة الإشعاعية للشمس

١- الإمتصاص :

تعانى الطاقة الإشعاعية الشمسية بجميع أنواعها من الإمتصاص التخيري في جو الأرض ولذا نجد أن المواد الساخنة تتخير حزماً ذات أطوال موجية معينة بحيث يمكنها إمتصاصها وإشعاعها أيضاً بغزارة . وبعض هذا الإمتصاص يتم في طبقات الجو العليا بواسطة الأكسجين الذرى أو غاز الأوزون ، والبعض الآخر يتم في الطبقات القريبة من سطح الأرض بواسطة بخار الماء العالق في الجو وبواسطة غاز ثانى أكسيد الكربون .

ومن حيث أن بخار الماء وغاز ثانى أكسيد الكربون من مكونات الهواء متغيرة النسبة ، لذا فإن كمية الطاقة الإشعاعية الشمسية الممتصة بواسطتهما متغيرة أيضاً ، فهى تتناسب طرديا مع كمية كل منهما في الهواء . كما تختلف الأطوال الموجية التي يتمكن كل منهما من إمتصاصها إلا أنه بوجه

عام يمكن القول بأن بخار الماء وثانى أكسيد الكربون يتميزان بوفرة مايمتصانه من الطاقة الإشعاعية الحرارية .

ومن إجمالي نسبة الطاقة الإشعاعية الحرارية الممتصة (١٠ – ١٢ %) يتضح أن عامل الإمتصاص لايتعدى تأثيره حدود حفظ التوازن الحرارى لجو الأرض .

والجدول التالى يوضح تأثير عامل الإمتصاص السابق ذكره :

الطاقة الإشعاعية الممتصة	ألطول الموجى المختار بالميكرون	وسط الإمتصاص	النسبة المئوية من الإشعاع الشمسى
الأشعة فوق البنفسجية	٠,١٧ – ٠,٢٠ ٠,٢٠ – ٠,٣٢	أكسجين ذرى الأوزون	٢,١٪
الأشعة الضوئية	٠,٦٠ ٠,٧٣	الأوزون بخار الماء	٦ – ٨ %
الأشعة تحت الحمراء	متفاوت متفاوت متفاوت	بخار الماء ثانى أكسيد الكربون شوائب عالقة	٢٪
إجمالي الطاقة الإشعاعية الممتصة			١٠ – ١٢ %

٢- التشتت :

يعرف التشتت الضوئى بأنه تناثر أو بعثرة الشعاع الضوئى في جميع الإتجاهات ولا يحدث التشتت إلا للموجات التي تصغر أطوالها عن أقطار جزيئات وسط التشتت ، مثل جزيئات الهواء وجزيئات بخار الماء وذرات الغبار والأتربة العالقة في الهواء الجوى .

وتقول قاعدة التشتت الضوئى (قاعدة رايليه Rayleigh) أن كمية الطاقة الإشعاعية الضوئية المشتتة تتناسب عكسيا مع الأس الرابع لطول الموجة المشتتة ، بمعنى أنه كلما صغر طول الموجة كلما زادت كميتها المشتتة . ولما كان الشعاع الأزرق هو أقصر أشعة الطيف الضوئى طولا وأغزرها كماً ، لذا كان هو أكثر الأشعة الضوئية تشتتا وبعثرة وهذا هو السبب في إكتساب القبة السماوية لونها الأزرق البهيج كما سبق شرحه .

أما خارج جو الأرض حيث يغيب وسط التشتت (الغلاف الجوى ومكونات الهواء) فإن رجل الفضاء يرى الشمس بيضاء اللون تامة الإستدارة يحوطها الظلام من كل جانب ، ويرى النجوم كبقع مستديرة مبعثرة في الفضاء الكونى ، فالإضاءة هناك لاتخص سوى الأجزاء المادية التي تسقط عليها أشعة الشمس المباشرة وتكون الإضاءة عندئذ شديدة .

٣- الإنعكاس :

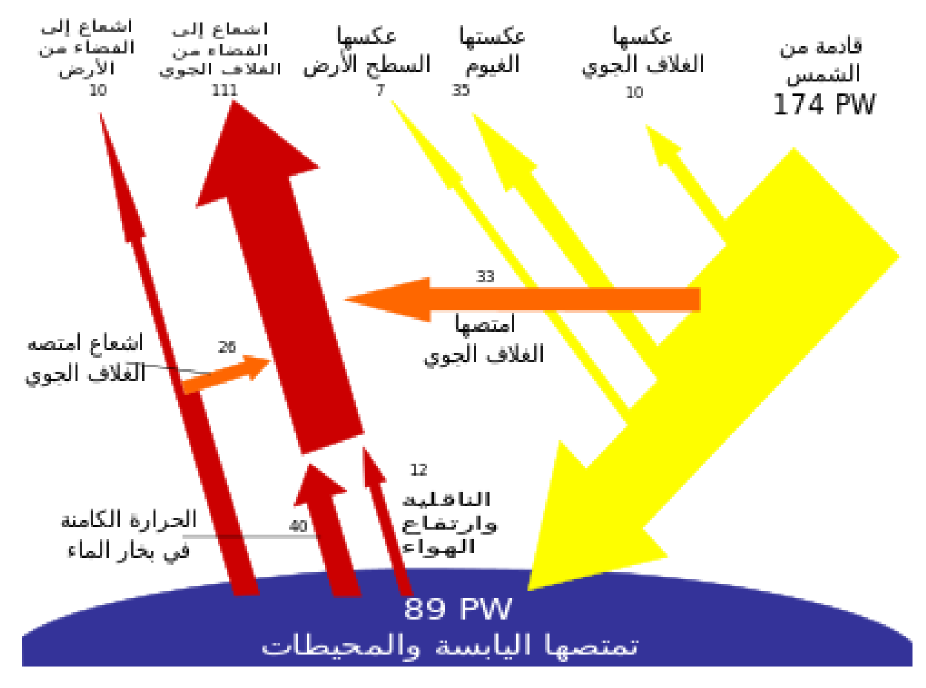
تعكس الأسطح العلوية للسحب وكذلك الرمال التي تثيرها العواصف في جو الأرض كل يوم جزء كبير من الطاقة الإشعاعية الشمسية (خاصة الإشعاع الحرارى طويل الموجة) وتعرف قوة ردُّ السطح للطاقة الإشعاعية الشمسية باسم الألبيدو Albedo وتقدر كنسبة مئوية بين الطاقة المنعكسة والطاقة الإشعاعية الكلية .

وتختلف قيمة الألبيدو (قوة عكس أو رد الإشعاع) بإختلاف طبيعة الأسطح التي يسقط عليها كما هو موضح بالجدول التالى :

طبيعة السطح	حالة السطح	قيمة الألبيدو
يابس	**التربة بإختلاف ألوانها وغطائها النباتى**	**١٠ -٣٠ %**
	التربة السوداء الرطبة	**٥ %**
	التربة المغطاة بغابات كثيفة رطبة	**٥ %**
	التربة المغطاة بثلج حديث السقوط	**٨٠ – ٩٠ %**
	التربة المغطاة برمال بيضاء جافة	**٤٠ %**
	التربة المغطاة بجليد متجمع من مدة طويلة	**٥٠ %**
ماء	**سماء خالية من السحب**	**٤٠ % عندما تكون زاوية ميل الأشعة ٤٣ وتزداد بزيادة زاوية الميل حتى تصل إلى ٤٦,٥ % عندما تكون زاوية ميل الأشعة ٨٤,٥**
	سماء بها سحاب طبقى متوسط به فجوات	**١٧ – ٣٤ %**
	سماء بها سحاب طبقى متوسط متصل	**٣٩ – ٥٩ %**
	سماء بها سحاب سمحاق طبقى متصل	**٤٤ – ٦٤ %**
	سماء بها سحاب ركامى طبقى متصل	**٥٦ – ٨١ %**

وهنا نجد أن الأسطح اليابسة تزيد قوة ردِّها للإشعاع الشمسى بزيادة جفافها وإبيضاض لونها وخفة غطائها النباتى ، بينما تقل بزيادة رطوبتها وإسوداد لونها وكثافة غطائها النباتى . أما الأسطح المائية فتتوقف قوة ردها للإشعاع على زاوية ميل الأشعة وحالة السحب في السماء وتموج السطح المائى .

ويُقَدَّر متوسط مايفقد مما يعكسه السطح االيابس للكرة الأرضية بنحو ٢,٧٪ من الطاقة الإشعاعية الشمسية ، ومتوسط مايفقد مما تعكسه أسطح السحب بمختلف أنواعها بنحو ٢٣,٣٪ من الطاقة الإشعاعية الشمسية .



(شكل ٢٤) تأثير الأرض وجوها على الطاقة الشمسية

ثانيا : مصير الطاقة الإشعاعية التي تصل إلى سطح الأرض وجوها .

١- يمتص سطح الأرض اليابس الطاقة الإشعاعية – الحرارية الساقطة عليه خلال قشرة رقيقة جداً (٦٠ – ٩٠ سم) بسبب عدم شفافيته ، وسرعان ماتتحول هذه الطاقة الإشعاعية إلى طاقة حرارية ترفع درجة حرارة اليابس سريعا أثناء النهار ، كما ترفع درجة الحرارة داخل القارات أثناء الصيف بمعدلات أكبر مما في حالة الأسطح المائية التي تُرْفَع درجة

٢- حرارتها ببطء أثناء النهار نظراً لِما يتمتع به الماء من خواص .

٣- يستنفذ حوالى ثلث الطاقة الإشعاعية – الحرارية الواصلة إلى الأسطح المائية المكشوفة في عملية التبخير ، كما يستنفذ جانب آخر من هذه الطاقة لإتمام عملية البخر نتح من الأسطح النباتية الناتحة .

٤- تستهلك عملية التمثيل الضوئى قدراً من الطاقة الإشعاعية الضوئية تمثل جانباً ضئيلاً من إجمالي الطاقة الإشعاعية الشمسية يُقَدَّر بـ ١ % .
٥- تتحول الطاقة الإشعاعية الضوئية المشتتة إلى طاقة حرارية عندما تستقبلها المواد ذات القدرة على إمتصاص أطوالها الموجية .
٦- بالنسبة للطاقة الإشعاعية الممتصة سواء في جو الأرض أو بواسطة سطح الأرض سوف تُشَّع أو تنبعث من جديد طبقا لنظرية تبادل الإشعاع الآتى ذكرها فيما بعد في صورة إشعاع حرارى طويل الموجة ، ورغم أن مجموع ماتكتسبه الأرض من طاقات إشعاعية أكبر من مجموع ماتفقده إلى الفضاء الكونى بفضل وجود الغلاف الجوى ، إلا أن مجموع الطاقات المستغلة فعلاً في الأرض وجوها لإتمام الأنشطة الجوية (مثل حركة الرياح والزوابع والأعاصير) يكاد يسساوى مجموع الطاقات المفقودة ، ولذا فإن الفرق بين الطاقتين هو الذى يسبب التوازن الحرارى لجو الأرض .

وتقول نظرية تبادل الإشعاع (نظرية بريفوست Prevost) أن أي جسم مادى في درجة حرارة أعلى من الصفر يُشِّع من حوله إشعاعاً حراريا .أي أن النشاط الإشعاعى الحراري لايقتصر على إنتقال الأشعة الحرارية من الجسم الساخن إلى الجو الأبرد المحيط به ، بل أن الجو أيضا يُشِّع بدوره أشعة حرارية تسقط على الجسم فيمتصها . وهذا مايعرف باسم (تبادل الإشعاع) . ولكن مانلمس تأثيره هو فقط محصلة الكميتين حيث تنخفض درجة حرارة الجسم الساخن تدريجيا إلى أن يصبح في حالة إتزان حرارى مع الوسط أي تصبح :

الأشعة الحرارية المنبعثة = الأشعة الحرارية الواردة إليه من الجو .

مما سبق يتضح أن المواد التي قامت في جو الأرض بدور الإمتصاص التخيري تقوم في الوقت نفسه بدور الإشعاع التخيري سواء نهاراً أو ليلاً ، ولكن محصلة تبادل الإشعاع نهاراً تسبب رفع درجة حرارة الأجسام المادية بعكس الحال ليلاً حيث تسبب خفض لدرجة حرارة الأجسام المادية .

ويجب أن نلاحظ أنه ليس شرطاً أن يفقد كل جزء من الهواء من طاقته بالإشعاع نفس المقدار الذى يكتسبه . فهناك جزيئات تفقد أكثر مما تكتسب وهناك أخرى تكتسب أكثر مما تفقد وهذا يتوقف بالطبع على درجة حرارة الوسط . فعند تتبع توزيع الحرارة في الإتجاه الأفقى للطبقات السفلية نجد أن الهواء في المناطق المعتدلة والقطبية يُشِّع أشعة حرارية أكبر مما يكتسب بعكس الحال في المناطق بين المدارين .

كذلك الحال عند تتبع توزيع الحرارة في الإتجاه الرأسى حيث نجد أن الهواء يُشِّع أكثر مما يكتسب في الطبقة الوسطى من طبقات الغلاف الجوى حيث تقل نسبة تواجد بخار الماء ، ولذا تصل الحرارة إلى ٥٠ – ١٠٠ درجة تحت الصفر . بينما يكتسب الهواء أكثر مما يفقد في طبقة التغير القريبة من سطح الأرض .

الإشعاع من سطح الأرض :

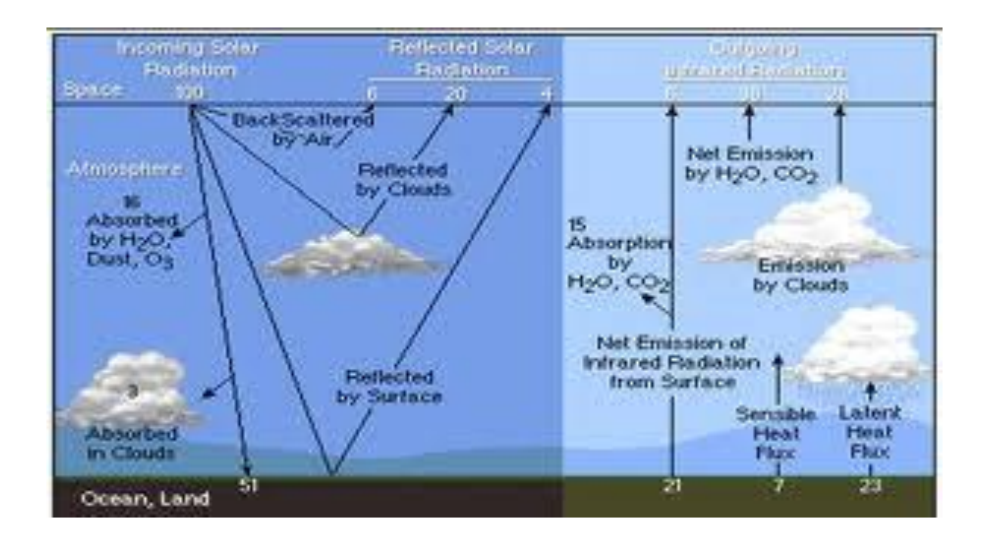
تعكس الأرض جزء من طاقة الشمس الواصلة إليها ويطلق على هذا الإشعاع إسم Albedo وهى إشعاعات حرارية أطوال موجاتها كبيرة بالنسبة لإشعاعات الشمس .

وكما ذكرنا أن الألبيدو هي قدرة رد الأرض للإشعاع الشمسى وهى عبارة عن النسبة بين الطاقة المرتدة إلى الفضاء من سطح الأرض وجوها وبين الطاقة المقبلة من الشمس .

ومن نتائج الإشعاع الحرارى لسطح الأرض إنخفاض درجات الحرارة تدريجيا أثناء الليل حتى تصل إلى نهايتها الصغري عند الفجر . وكثيراً مايتبع ذلك تكَوُّن الندى خاصة إذا سكنت الرياح ، أما إذا كان الهواء متحركا بسرعة ملموسة فإنه قد يكون من نتائج هذا التبريد ظهور الضباب أو الشابورة المائية بدلاً من الندى .

وجميعها عبارة عن تكاثف وترسيب لأبخرة الماء الموجودة في طبقات الجو الملاصقة لسطح الأرض نتيجة البرودة بالإشعاع أثناء الليل .

الإشعاع من جو الأرض :



(شكل ٢٥) تأثير الغلاف الجوى على الطاقة الإشعاعية

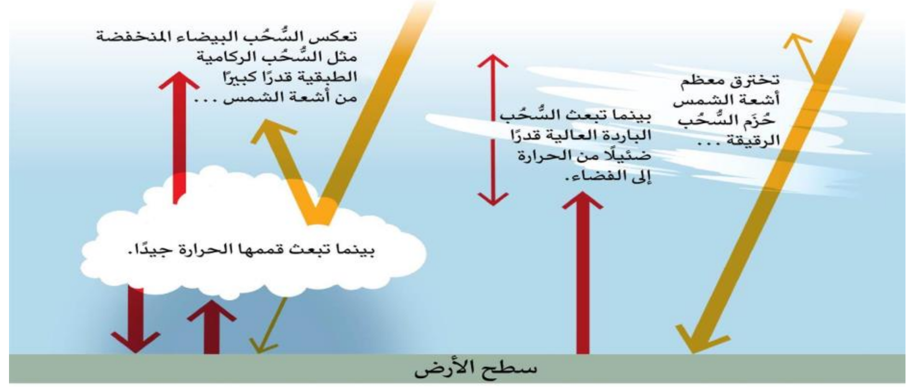
تنحصر طاقات إشعاعات الجو في مجموعة الموجات التي ترسلها الغازات المختلفة المكونة للغلاف الجوى . ويتميز بخار الماء ثم غاز ثانى أكسيد الكربون في الجو بوفرة إشعاعاتها الحرارية التي تنتشر في جميع الإتجاهات، فيفقد بعضها في الفضاء بينما يرتد البعض الآخر إلى سطح الأرض . فنجد مثلاً أن بخار الماء يُرسل نحو من ٥٠٪ الى ٦٥٪ من طاقات

الإشعاع التي مصدرها الجو ، أما غاز ثانى أكسيد الكربون فيرسل مايقرب من ٢٠٪ من هذه الطاقات ، والباقى وقدره من ١٥ – ٣٠ % فترسله باقى الغازات بالجو . وأغلب مايفقده الجو من طاقات بطريق الإشعاع إلى الفضاء يتم في طبقة التغير (التروبوسفير) في قمتها حيث تصل درجة الحرارة إلى ٥٠ درجة مئوية تحت الصفر، وذلك لقلة بخار الماء فوق تلك الطبقة فتفقد أغلب الإشعاعات إلى الفضاء ، بينما تنظم كميات السحب السابحة في جو الأرض السفلى كميات الطاقة الشمسية التي تصل إلى سطح الأرض ، فحوالى ٣٣,٥ % من الطاقة يتم إنعكاسها بواسطة السحب .

وكما يُشِّع سطح الأرض إلى الجو والفضاء تلك الطاقات الحرارية فإن الجو يرسل أيضا إلى السطح كمية من الطاقة تقارب مايشعه السطح ويسمى الفرق بين الطاقتين " الإشعاع الليلى " ومهما يكن من شيء فإن الجو يعمل إلى حدٍ ما على حفظ طاقات سطح الأرض من التسرب إلى الفضاء الكونى عن طريق الإشعاع المستمر .

الإشعاع من السحب :





(شكل ٢٦) تأثير السحب على الطاقة الإشعاعية

المعروف أنه إذا وصل سمك السحابة نحو ٥٠ متر إعتبرت السحابة جسماً معتماً يُشِّع تماما مثل الجسم الأسود الذى في نفس درجة حرارة السحابة . ولهذا فإن إشعاعات السحب تفوق كثيراً في كمياتها إشعاعات جو الأرض . فتفقد قمم السحب المعرضة للفضاء من طاقاتها بالإشعاع أثناء الليل أكثر مما تكتسب من الجو المحيط فتهبط بذلك درجة حرارتها . وفى العادة ينحصر هذا التبريد خلال طبقات رقيقة في قمم السحب وكلما كانت هذه القمم مرتفعة في الجو كلما كان التبريد فيها عظيماً ، وذلك لأن إشعاعات الجو التي تُعَوِّض بعض هذا النقص تقل بالإرتفاع نظراً لما يصحب زيادة الإرتفاع من نقص في كميات بخار الماء وثانى أكسيد الكربون في الجو ، وهما مصدر لمعظم طاقات الإشعاع الجوى .

أما قاعدة السحابة فإنها في نفس الوقت الذى تشع فيه تصل إليها الطاقة المنبعثة من سطح الأرض والجو السفلى لها . وهذه الأخيرة بطبيعة الحال

أكبر من إشعاعات قاعدة السحابة ، لأن درجة حرارة سطح الأرض أكبر من درجة حرارة السحابة ، وينتج عن ذلك ارتفاع درجة حرارة قاعدة السحابة بالتدريج ، وكلما زاد ارتفاع السحابة في الجو كلما قلَّت كمية ماتشعه قاعدتها نظراً لإنخفاض درجة الحرارة مع الإرتفاع . وبذلك تزداد عملية التسخين في القاعدة وكثيراً ماتؤدى هذه الظاهرة (تبريد القمة وتسخين القاعدة أثناء الليل) إلى إختفاء بعض السحب العالية عند الظهر ، وهذا مايحدث خاصة فوق الصحاري . وترسل قواعد السحب بدورها إشعاعات حرارية إلى سطح الأرض تعمل على تقليل الطاقة التي يفقدها سطح الأرض أثناء الليل . ولهذا فإن سطح الأرض يظل حافظا لبعض حرارته أثناء الليل إذا تلبدت السماء بالسحب ومن ذلك أيضاً يتضح السبب في أن الليالى الصافية تكون أبرد من الليالى الغائمة .

ولما كان من المشاهد أن متوسط درجة حرارة سطح الأرض وجوها لايتغيران بمرور السنين فإن معنى ذلك أن مايمتصانه من الإشعاع الشمسى كل عام يجب أن يعادل في المتوسط مايفقدانه من حرارة إلى الفضاء الكونى بطريق الإشعاع الحرارى . ولكن لما كانت تكتسب ٥٧ % من الإشعاع الشمسى المباشر فهى وجوها يردان نفس القيمة إلى الفضاء في صورة أمواج إيثيرية حرارية . وهذا هو سر التوازن الحرارى في الأرض على مر السنين ، ذلك التوازن الذى جعل الحياة عليها ممكنة وحفظها من الفناء .

التوزيع الرأسى لدرجة الحرارة :

تتناقص درجات الحرارة ذاتيا تدريجيا مع الإرتفاع في طبقة التغير (الطبقة القريبة من سطح الأرض) ويقدر معدل التناقص في درجة الحرارة مع الإرتفاع بنحو ٦,٥مْ لكل كيلومتر إذا كان الهواء مشبعاً ببخار الماء أي

مُعَرَّضاً لحدوث التكاثف ، ونحو ١٠ مْ لكل كيلومتر إذا كان الهواء جاف وغير مشبع ببخار الماء (أي غير معرض لحدوث التكاثف) .

والمعروف أن المحدد الأول لحالات الاستقرار أو عدم الاستقرار في الجو هو توزيع درجات الحرارة مع الإرتفاع فإذا أُزيح الهواء رأسياً إلى أعلى وكانت كثافة الوسط المحيط أقل من كثافة هذا الهواء المزاح أي أكبر منه في درجة حرارته فإن هذا الجزء يهبط من جديد إلى وضعه الأصلى ويقال حينئذ أن الهواء في حالة إستقرار كما يحدث ليلا للهواء الملامس لسطح الأرض ، وإذا كانت نتيجة الإزاحة إلى أعلى أن الجزء المزاح يغمره في وضعه الجديد وسط من الهواء أكبر كثافة أي أقل منه في درجة الحرارة ، فإن هذا الجزء المزاح يستمر في الإنطلاق إلى أعلى ويقال حينئذ أن الجو في حالة عدم إستقرار كما يحدث نهاراً بالنسبة لتيارات الحمل ، حيث أنه في بعض الحالات يحدث أن تتزايد درجة الحرارة مع الإرتفاع في طبقات الجو السفلى . وتعرف هذه الحالة باسم "الإنقلاب الحرارى" Thermal Inversion

ويشمل الحالات الآتية :

١- إشعاع الحرارة من سطح الأرض في الليالى الصافية يؤدى إلى إنخفاض سريع في درجة الحرارة للهواء الملامس لهذا السطح بينما تكون درجة حرارة الهواء في طبقات الهواء البعيدة عن سطح الأرض ماتزال أسخن من الطبقات أسفلها



(شكل٢٧) الإنقلاب الحرارى بالإشعاع من سطح الأرض

٢- تحرك الهواء الساخن فوق الأسطح المائية الباردة يؤدى إلى إنخفاض درجة حرارة الهواء الملامس للسطح البارد بالتوصيل بينما يظل الهواء البعيد عن السطح ساخنا .



(شكل ٢٨) إنقلاب حرارى في الوادى

٣- يحدث إنقلاب حرارى في باطن الوادى ليلاً حيث يتحرك الهواء الباردمن قمم التلال نحو السفوح لأن نقاء الهواء من الأتربة والغبار في

قمة التل يجعله أكثر إشعاعا وكثافة من الهواء القريب من الوادى فيتحرك لأسفل " نسيم الجاذبية " وهذا النوع عادةً يكون مصحوب بالصقيع في بداية الربيع .

٤- عند تقابل كتلتان هوائيتان مختلفتان في درجة الحرارة فإن الهواء البارد يتحرك أسفل الهواء الساخن ، وتعرف الحدود الوهمية الفاصلة بين الكتلتين باسم الجبهة ، ولذا تسمة هذه الحالة باسم " الإنقلاب الجبهى "



(شكل٢٩) الإنقلاب الجبهى .

كما يلاحظ أن الإنقلاب الحرارى يظهر في طبقات الجو العليا عند الإنتقال رأسيا من الطبقة الوسطى إلى الطبقة الحرارية .

التوزيع الأفقى لدرجة الحرارة :

من الواضح أن كمية الطاقة الإشعاعية الشمسية التي يستقبلها سطح الأرض تختلف من مكان لآخر بإختلاف خطوط العرض (القرب أو البعد من خط الإستواء) ولكن يجب أن يكون واضحا أنه إذا كان خط العرض هو العامل الوحيد المؤثر على توزيع الطاقة الإشعاعية الشمسية فإنه من المتوقع أن تكون خطوط تساوى الحرارة Isotherms (والتي يتم توقيعها على خريطة الطقس مارةً بالأماكن ذات درجات الحرارة المتساوية) موازية لخطوط العرض ، ولكن المشاهد أن هذه الخطوط لاتكون متوازية . ويرجع السبب في ذلك إلى أن توزيع اليابس

والماء في أرجاء الكرة الأرضية غير منتظم ، كما أن إتجاه الرياح وحركة تيارات المحيط له تأثيره المباشر في تعديل متوسط درجة الحرارة للمناطق المختلفة .

إختلاف درجة الحرارة بين اليابسة والماء :

تكون درجة حرارة السطح اليابس أثناء النهار أعلى من درجة حرارة السطح المائى المجاور وذلك للأسباب الآتية : -

١- كمية الحرارة التي يكتسبها السطح اليابس من الإشعاع الشمسى أكبر من الكمية التي يكتسبها السطح المائى ، ويرجع ذلك إلى شفافية الماء وسماحه للإشعاع بالنفاذ خلال طبقة سميكة من الماء وبذلك يتم توزيع الحرارة المكتسبة على طبقة ذات سمك كبير من الماء .

٢- يستخدم جزء من الإشعاع الشمسى المكتسب لتبخير الماء .

٣- الحرارة النوعية لليابس أصغر من الحرارة النوعية للماء .

أما أثناء الليل فتكون درجة الحرارة للأسطح اليابسة أبرد من الأسطح المائية المجاورة وذلك لأن :-

أ) كمية الإشعاع طويل الموجة التي يرسلها السطح اليابس في أول الليل تكون أكبر من الكمية التي يرسلها السطح المائى لأن درجة الحرارة للسطح اليابس تكون أعلى من درجة حرارة الماء أثناء النهار .

ب) عندما يبدأ السطح المائى في فقدان حرارته أثناء الليل تعود إليه جزء من الحرارة التي تسربت أثناء النهار داخل طبقة الماء السميكة فتعوض جزء من حرارته التي فقدها بالإشعاع .

جـ) كمية الإشعاع طويل الموجة المرسل من بخار الماء فوق الأسطح المائية أكبر من الكمية المرسلة من بخار الماء فوق الأسطح اليابسة نظراً لأن كمية بخار الماء فوق السطح المائى أكبر من الموجودة فوق اليابسة .

د) الحرارة النوعية لليابس أصغر من الحرارة النوعية للماء .

التغير اليومى في درجة الحرارة :

بعد شروق الشمس بفترة وجيزة تأخذ درجة الحرارة في الإرتفاع عندما تصبح كمية الطاقة الإشعاعية المكتسبة بواسطة سطح الأرض أكبر من المفقودة . وتبلغ هذه الكمية نهايتها العظمى الثانية عشر ظهراً في القاهرة، بعدها تأخذ كمية الطاقة الإشعاعية المكتسبة في التناقص إلا أن درجة الحرارة تستمر في التزايد نظراً لأن كمية الطاقة الإشعاعية المكتسبة تظل أكبر من الطاقة الإشعاعية المفقودة . وعند حوالى الساعة الثانية ظهراً تبلغ درجة الحرارة نهايتها العظمى (عندها تتساوى كمية الطاقة الإشعاعية المكتسبة مع كمية الطاقة الإشعاعية المفقودة) . وبعد ذلك تتناقص كمية الطاقة الإشعاعية المفقودة إلا أنها تكون أكبر من المكتسبة ، ويستمر تناقص درجات الحرارة حتى الغروب . بعدها يفقد سطح الأرض حرارته دون إكتساب ويستمر تناقص درجة الحرارة بمعدل أكبر إلى أن تبلغ نهايتها الصغرى عند الفجر .

ويتوقف مدى التغير اليومى في درجة الحرارة (الفرق بين أعلى درجة وأدناها) في مكان ما خلال اليوم على طبيعة المكان كما يلى :-

١- المدى فوق الأراضى الصحراوية أكبر منه فوق الأراضى المنزرعة.
٢- المدى فوق السطح اليابس أكبر منه فوق السطح المائى .
٣- المدى في حالة وجود سحاب يكون أقل منه في الأيام الصافية (لأن السحب تعمل على الحد من درجة الحرارة أثناء النهار والحد من تناقصها أثناء الليل .

طرق إنتقال الطاقة الحرارية

١- الإشعاع Radiation

يقال أن الحرارة تنتقلبالإشعاع إذا إنتقلت في صورة موجات من جسم إلى آخر دون حاجة إلى وسط مادى . أو في وجود وسط مادى شفاف كالهواء الجاف أو الزجاج تستطيع أن تنفذ منه الأشعة دون أن ترفع درجة حرارته .

وبهذه الطريقة تنتقل الطاقة الحرارية ضمن طاقة الإشعاع الشمسى في صورة موجات تحت حمراء حتى إذا ما سقطت على جسم مادى له القدرة على إمتصاص الحرارة تحولت هذه الموجات إلى طاقة حرارية . وتختلف الأجسام في قدرتها على إمتصاص الطاقة الحرارية بإختلاف طبيعتها .

ويوضح ذلك ظاهرة الإشعاع والإمتصاص التخيرى ، وهى ظاهرة تلعب أهم الأدوار في جو الأرض وتعنى أن جميع المواد (غازية وسائلة وصلبة) لها طيف خاص بها ينبعث منها عند تسخينها (وهذا هو الإشعاع التخيرى) ويعرف الطيف Spectrum بأنه مدى الأطوال الموجية للإشعاع المنبعث من أي جسم مادى ، وهذا الإشعاع هو وسيلة الأجسام الساخنة للعودة إلى حالة الإتزان الحرارى مع الوسط المحيط بها . ولا تتساوى كل الأطوال الموجية المنبعثة في غزارتها ولكن لكل درجة حرارة حزمة معينة ضمن هذا الطيف يشعها الجسم بغزارة . ومن ناحية أخرى فإن أي جسم يتعرض لطاقة إشعاعية فإنه يمتص منها تلك الموجات التي لها نفس أطوال الموجات الطيفية فقط (وهذا هو الإمتصاص التخيري) .

وما الألوان التي تكتسبها الأجسام إلا نتيجة لظاهرة الإمتصاص والإشعاع التخيرى . فالجسم الأحمر مثلاً نراه أحمراً لأنه يمتص جميع ألوان الطيف الضوئى المرئي ماعدا اللون الأحمر الذى ينعكس فتراه العين . ومثله بقية الأجسام الملونة ، أما الجسم الأسود والجسم الأبيض فهما حالتان خاصتان . فالأول هو أكثر الأجسام إشعاعا وأقلها إمتصاصا (إذا كان مصدراً لها)

وهو في نفس الوقت أكثر الأجسام إمتصاصاً وأقلها رداً للأشعة (إذا كان مستقبلاً لها) ولذا لاترى الأعين عند النظر إليه الا الظلمة . أما الجسسم الأبيض فهو على العكس من الجسم الأسود ، أي لايمتص أي لون من ألوان الطيف المرئى ويردُّه بكامله ولذا ترى العين الشعاع الضوئى بلونه الأبيض .

٢- التلامس أو التوصيل Conduction

يقال أن الحرارة تنتقل بالتوصيل إذا إنتقلت من دقائق المادة الساخنة إلى دقائقها المجاورة الباردة دون إنتقال الدقائق نفسها ، وبهذه الطريقة يسخن الهواء الملامس لسطح الأرض نهاراً ويبرد ليلاً في حدود لاتتعدى عدة أمتار لأن الرياح والإضطرابات الهوائية تفرق الهواء وتنقله إلى شتى الإرتفاعات .

٣- الإنتقال لدقائق المادة الساخنة Convection

في هذه الحالة تنتقل الحرارة بإنتقال دقائق المادة الساخنة سواء كانت سائلة أو غازية من مكان إلى آخر ، ويتم الإنتقال الحرارى بوسائل عديدة منها :

أ) تيارات الحمل :

وتعنى صعود الهواء الساخن إلى أعلى في شكل تيار وهبوط آخر بارد محله على مساحات واسعة نسبياً ، ويشير وجود هذه التيارات إلى عدم إستقرار الجو ، وتنشأ تيارات الحمل بسبب تسخين الطاقة الإشعاعية الحرارية لسطح الأرض نهاراً وتتسرب هذه الطاقة المكتسبة إلى طبقة الجو السفلى بالتوصيل مما يؤدى إلى تمدد الهواء وقلة كثافته وإرتفاعه ولكن عندما يبرد سطح الأرض ليلاً يبرد الهواء الملامس ويصبح أكثر كثافة ويستقر الجو بإنقطاع حركة تيارات الحمل .

ب) الرياح :

لاتسخن الأرض في جميع جهاتها بمقادير متساوية وذلك لإختلاف طبيعة السطح وإختلاف خط العرض ولهذا يختلف الضغط الجوى من مكان إلى آخر ، وتنشأ دورة الرياح بين القارات والمحيطات وبين المناطق القطبية والمناطق الإستوائية ، وحركة الراح تعنى حركة الكتل الهوائية بما تكتسبه من طاقة حرارية مما يؤدى إلى توزيعها على سطح الأرض .

جـ) التيارات البحرية :

وهى حركة تنتاب مياه البحار والمحيطات يتم بواسطتها إنتقال كميات كبيرة من المياه إلى مسافات بعيدة والتيارات البحرية إما أن تكون سطحية أو عميقة ، باردة أو ساخنة ، ويمكن تبسيط نشأة التيارات البحرية بقولنا أنه في المناطق القطبية تصبح المياه أكبر كثافة نظراً لبرودتها فهى تهبط إلى القاع بينما يؤدى التسخين الشديد بواسطة الطاقة الإشعاعية الشمسية في المناطق الإستوائية والمدارية إلى ارتفاع درجة حرارة المياه السطحية في هذه المناطق وبالتالي تصبح أقل كثافة . ومن هنا تتولد التيارات البحرية حيث تميل المياه السطحية الإستوائية الساخنة على التحرك نحو القطبين بينما تزحف المياه القطبية في أعماق المحيط متجهة نحو المناطق المدارية والإستوائية .

د) التكثيف :

لايغيب عن الذهن أن الهواء الذى يتصاعد رأسيا بواسطة تيارات الحمل أو غيرها تنخفض درجة حرارته تدريجياً مع الإرتفاع مما يؤدى إلى تكاثف محتوياته من بخار الماء إلى قطيرات مائية أو تساميها إلى بللورات ثلجية ، وهذا التحول يصاحبه إنطلاق الحرارة الكامنة للتكاثف مما يسبب رفع درجة حرارة الطبقات العليا للهواء والتي يتم فيها ذلك

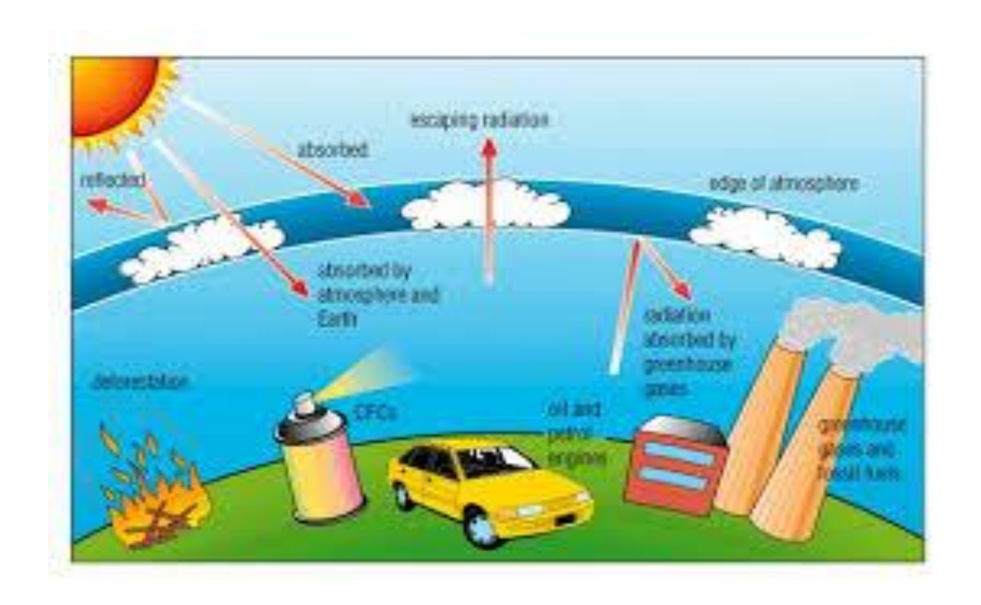
التكاثف أو التسامى ويمكن بعد ذلك توزيع هذه الحرارة على كثير من أرجاء الأرض بواسطة حركة الرياح .

ولقد قدر فست Fest متوسط مايكتسبه جو الأرض من طاقة حرارية بواسطة عمليات التكاثف بنحو ٠,٠٩ سعر / سم ٢/ دقيقة . بينما لاتتعدى كمية الطاقة المكتسبة في جو الأرض بالعوامل الأخرى مجتمعة ٠,٠١ سعر / سم ٢ / دقيقة ، وذلك ليس بغريب خاصة إذا علمنا أن نحو ثلث الطاقة الإشعاعية الحرارية الواصلة إلى الأسطح المائية تستنفذ في عملية التبخير .

الإحتباس الحرارى وتلوث الهواء .

يعرف الإحتباس الحرارى بأنه الحفاظ على درجات الحرارة التي إمتصها سطح الأرض وجوها دون ردها إلى الفضاء مرة أخرى مما يرفع درجة حرارة الهواء القريب من سطح الأرض ويظل كذلك حتى اليوم التالى فيزيد معدل إمتصاص جو الأرض من الأشعة الشمسية مرة أخرى مما يرفع درجة الحرارة أكثر من معدلاتها الطبيعية . ويرجع ذلك إلى كم المواد الملوثة للهواء الجوى والتي يأتي على رأسها نفايات المحركات المختلفة ومخلفا ت المصانع المتطايرة في الجو بصورها الثلاث ، وإستخدام غازات الفريون بكثرة في الصنائات المختلفة ومبيدات الآفات وحرق المخلفات النباتية . مما يؤثر على نسب ومكونات الهواء الجوى فيؤدى إلى عواقب وخيمة للإتزان الحيوى والبيئى على سطح الأرض . من أجل ذلك سارعت الدول بتقليل الإنبعاثات من المصانع بل بعض الدول منعت إقامة مصانع لمواد معينة على أراضيها وإتجهت إلى الدول النامية أو دول العالم الثالث التي لاتهتم بشئون صحة وسلامة المواطن لتقام على أراضيها مثل تلك المصانع فرحين أنها تنتج مواد للتصدير وهى أخطر مايكون على صحة المواطنين . ونجد في جمهورية مصر

العربية وزارة البيئة تشدد الرقابة على كل المصانع التي على الأراضى المصرية وتضع قوانين بفرض غرامات صارمة حال المخالفة لذلك بل وصل الأمر أن تضع مواد في قانون المرور لتقليل عادم السيارات المنبعث وفى حالة المخالفة توجد من العقوبات ماتجعل قائد المركبة يحافظ إجباراً على البيئة التي نعيش فيها .



(شكل ٣٠) عوامل تلوث الهواء والإحتباس الحرارى

الباب الخامس

الضغط الجوى Atmospheric Pressure

تعمل الجاذبية الأرضية على الإمساك بكل مايعلو سطح الأرض من مواد . والغلاف الجوى يتكون من جزيئات وعناصر ، ولذا فهو مثل أي جسم مادى على سطح الأرض له وزنه ، وإذا كانت المواد الغازية تخضع كغيرها من المواد للإنجذاب رأساً إلى أسفل ، إلا أن لحركتها المنتشرة قوة تؤثر في جميع الإتجاهات تسمى بالضغط (Pressure) . ويعرف الضغط الجوى بأنه القوة الواقعة على وحدة المساحات لأى سطح نتيجة لإصطدام جزيئات الهواء بهذا السطح .

ويُقَدَّرُ الضغط الجوى عند أي نقطة بوزن عمود الهواء المقام على وحدة المساحات (سم ٢) حول هذه النقطة والممتد إلى قمة الجو ، وكلما بعدنا عن سطح الأرض يقل طول هذا العمود وبالتالي يقل الضغط الجوى كلما صعدنا لأعلى .

ويعادل وزن هذا العمود عند أي نقطة في مستوى سطح البحر وزن عمود من الزئبق طوله ٧٦ سم ، هي طول عمود الزئبق في البارومتر الزئبقي .

والبارومتر الزئبقى من أهم أجهزة الرصد التي يستخدمها رجل الأرصاد الجوية وذلك نظراً لأن تغيرات الضغط يصحبها تقلبات الجو . فمثلاً قد يدل هبوط الضغط الجوى دلالة واضحة على إقتراب جو ردىء في حين يدل ارتفاع الضغط الجوى عموما على الجو الهادىء . والبارومتر ليس من أجهزة الرصد القديمة ، كقدم مقياس المطر أو دوارة الرياح ، إلا أنه يعتبر على أية حال غير حديث . إذا يرجع تاريخه إلى أربعة قرون مضت وبالتحديد بعد عصر الفلكى الكبير جاليليو بفترة وجيزة .

ولقد إهتم جاليليو نفسه بمسألة تعيين وزن الغلاف الجوى للأرض . فقد كان على يقين من أن للهواء وزناً رغم أننا لانراه . وأجرى تجربة للتدليل على ذلك بأن أخذ أنبوبة بها كمية من الهواء وعين وزنها ثم ضغط كمية إضافية من الهواء داخلها وأحكم إغلاق الأنبوبة وعين وزنها مرة أخرى ، وعند ذلك وجد زيادة طفيفة في الوزن . وبطبيعة الحال لم يستطع جاليليو أن يعين وزن الهواء كله بهذه التجربة .

وقد قام بهذه العملية تلميذ من تلاميذه وهو العالم تورشيللى . فقد توصل إلى طريقة عين بها وزن الغلاف الجوى ، فقد ملأ تورشيللى أنبوبة زجاجية طويلة مفتوحة من طرف واحد فقط بالزئبق ثم وضع إصبعه على الطرف المفتوح ونكس الأنبوبة وإستمر يضغط بإصبعه حتى لاينسكب الزئبق ، وغمس طرفها المفتوح في حوض الزئبق ، وعندما أزاح إصبعه إنخفض مستوى الزئبق في الأنبوبة وهبط إلى الحوض وظل باقى عمود الزئبق كما هو ، وقد بلغ طوله نحو ٣٠ بوصة . وبقى هناك فراغ كامل في أعلى الانبوبة إذ لم يتسرب إليه الهواء بعد هبوط الزئبق منها في الحوض .

والآن : لماذا بقى طول عمود الزئبق في الأنبوبة على كل هذا القدر ؟

الجواب على ذلك أن الهواء الجوى كان يضغط على هذا العمود عن طريق ضغطه على الزئبق الذى في الحوض بما يعادل على وحدة المساحات وزن من ٢٩ إلى ٣٠ بوصة من الزئبق المعروف بكثافته العالية . وهكذا عَرِفَ تورشيللى كيف يعين وزن الغلاف الهوائى أو كتلته . وسرعان ماتم الكشف عن مسألة أخرى مثيرة ، فقد لُوحِظَ أن ارتفاع عمود الزئبق في البارومتر لا يظل ثابتا عند حدٍ معين ، بل يرتفع أحيانا وينخفض أحيانا أخرى مما يدل على أن الضغط الجوى في تغير مستمر .

وهكذا بدأ البارومتر الزئبقى في الظهور كجهاز يستخدم في أعمال التكهن بالطقس أو حالة الجو المقبلة . ولقد عمد صانعوا البارومترات إلى تدوين نوع الطقس المنتظر على تدريج البارومتر ، فكتبوا مثلا " جو عاصف " ، "مطر" ، " تغير في الجو " ، " لابأس " ، " جاف جدا " وهكذا ، وما زالت مثل تلك التأشيرات تستعمل في بعض المناطق من العالم حتى الآن . وهى تفسير بعض الشىء في التكهن بالطقس المقبل . ورغم أن كل المتنبئين الجويين في هذا العصر يستخدمون وسائل أخرى إعتمادا على الثورة التكنولوجية وتوافر المعلومات عن طريق النت والأقمار الصناعية إلا أن أغلبهم سوف يقول أن البارومتر لايزال هو أهم جهاز يستخدم في أعمال الرصد والتنبؤ الجوى .

ولذلك فإنه عند عدم حدوث حركة هوائية صاعدة أو هابطة في الجو فإن الضغط الجوى عند أي نقطة يكون مكافئا لوزن عمود من الهواء مساحة مقطعه وحدة المساحات وممتد رأسيا من هذه النقطة إلى نهاية الغلاف الجوى.

ومنذ أيام تورشيللى والضغط الجوى يُعَبَّر عنه بدلالة طول عمود الزئبق الذى يتكافأ وزنه مع الضغط الجوى ، فمثلا يقال أن الضغط الجوى =٧٦٠مم زئبق (٧٦سم) أو ٢٩,٩ بوصة زئبق حسب الوحدات المستخدمة في الأطوال لكل دولة سواء كانت مقاييس فرنسية أو إنجليزية . وهذه الطريقة غالبا في نهايات إستخدامها في الوقت الحالي ، لأن التعبير عن الضغط الجوى بدلالة وحدة الأطوال يبعده عن حقيقته ولذلك تم إستخدام وحدة تمثله خاصة به .

وحيث أن الضغط الجوى عبارة عن قوة مبذولة على وحدة المساحة فإن وحدة القوة هي " الداين " ووحدة المساحة هي "سم٢" لذا فإن وحدة الضغط

تقاس بالداين /سم٢ وعند قياس الضغط الجوى عند مستوى سطح البحر يلاحظ أن قيمته تبلغ حوالى مليون داين / سم٢ ونظرا لأن قيمة الداين /سم٢ تعتبر صغيرة لحساب الضغط الجوى فتم إطلاق لفـظ "بار " على وحدة الضغط الجوى . فالبار = مليون داين /سم٢ ونظراً لأن تلك القيمة فتم إستخدام لفظ المللبيار وهو يساوى ٠,٠٠١ بار ، أي أن المللبيار = ١٠٠٠ داين /سم٢

البار = ١٠٠٠ مللبيار (١٠٠٠,٠٠٠داين /سم٢).

والضغط الجوى عند مستوى البحر يساوى ١٠١٣ مللبيار MilliBar (M.B) تقريبا . وأمكن إيجاد هذه القيمة عن طريق المعادلات الآتية :

الضغـط = كتلة عمود الزئبق X عجلة الجاذبية الأرضية .

= { (حجم عمود الزئبق) X كثافة الزئبق } X عجلة الجاذبية

= { (طول عمود الزئبق x مساحة مقطعه) X كثافة الزئبق } X عجلة الجاذبية .

= ٧٦ × ١ × ١٣,٦ × ٩٨١ = ١٠١٣٩٦١,٦ داين /سم٢

= ١٠١٤ مللبيار تقريبا .

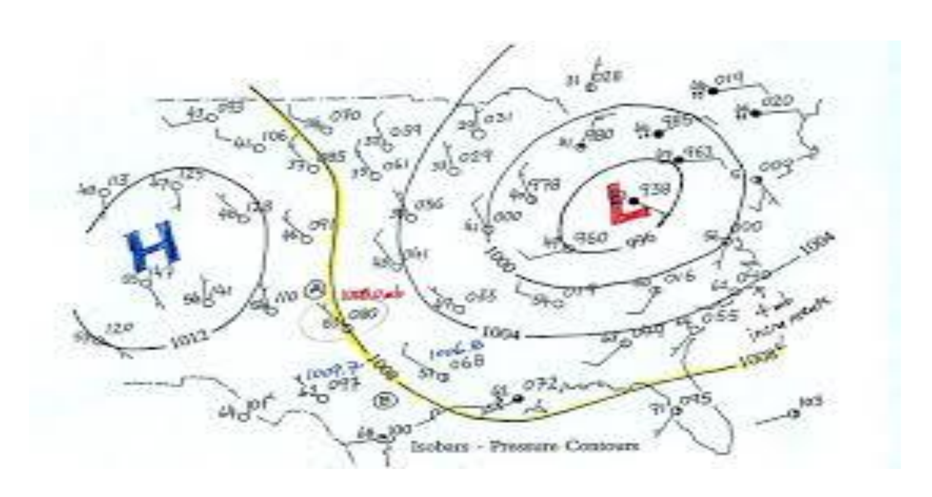
ويقدر متوسط الضغط الجوى على السم٢ الواحد عند سطح الأرض في مستوى سطح البحر بنحو وزن كيلوجرام واحد ، ومعنى ذلك أن الهواء يضغط على كل سم٢ من أجسامنا بقوة تعادل في المتوسط وزن كيلوجرام ، ويهبط الضغط سريعا إذا صعدنا لأعلى ، فعلى ارتفاع ٢١ كيلومتر نكون قد تخلصنا من نحو ٩٠٪ من وزن الغلاف الجوى بأكمله . ولما كانت درجة غليان السوائل ومنها الدم تتوقف على قيمة الضغط المحيط بها ، بحيث أنه

كلما إنخفض الضغط قلَّتْ درجة الحرارة التي يبدأ عندها السائل في الغليان . فإذا أُزيح هذا الضغط الواقع على جسم الإنسان بأن إرتفعنا مثلاً إلى أعلى نجد أن الدم يغلى في درجة حرارة الجسم العادية عند ارتفاع ١٩ كيلومتر فقط ، ويؤدى غليان الدم إلى إنفجار الأوعية الدموية ثم الإغماء والموت في مدى لايتجاوز ٣٠ ثانية . ولهذا يجب أن يعزل رواد الفضاء داخل بدل ومركبات خاصة محكمة الإغلاق يُحتَفَظْ داخلها بضغوط عادية كما إعتادها البشر وتتناسب مع الضغط الجوى الذى أَلِفوه وتعودت عليه أجهزتهم .

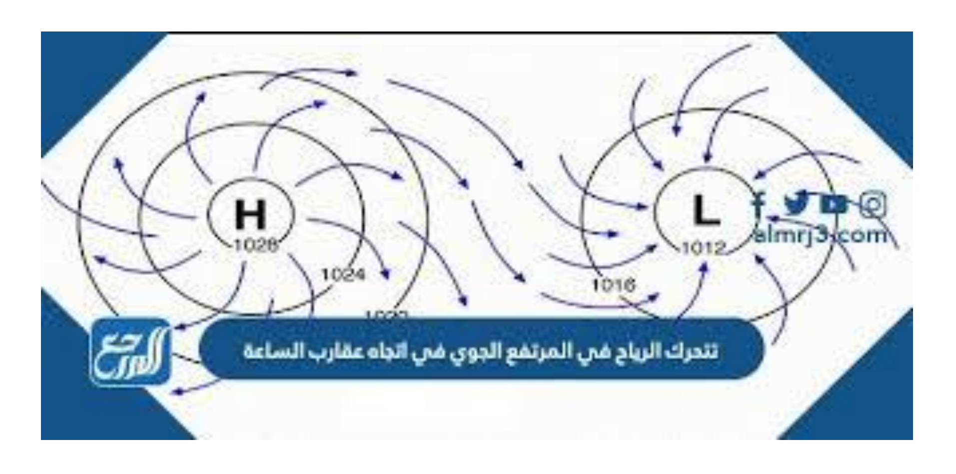
ويتغير الضغط الجوى على سطح الأرض بتغير الزمان والمكان تبعا لإختلاف كثافة الهواء وكميات الأبخرة المائية العالقة فيه وطبيعة تحركه في الطبقات العليا . ويتبع هذه التغيرات تغيرات واضحة في العناصر الجوية الأخرى لاسيَّمَا الرياح من حيث شدتها وإتجاهاتها ، وهذه بدورها قد تتسبب في وجود السحب والأمطار . فإختلافات الضغط الجوى من مكان إلى آخر هي التي تعطى القوة الدافعة للهواء على الحركة ولهذا كان لتسجيله وتقدير مدى التغير فيه خلال الساعات التي تسبق عملية الرصد مباشرة أهمية عظمى في أعمال التنبؤ الجوى ، وعندما يهبط البارومتر عموما يكون ذلك نذيراً بإقتراب العواصف كما أنه عندما يرتفع يدل ذلك على تحسن الجو أو على الأقل " الميل إلى التحسن "

ويمكن القول بوجه عام بأن الضغط الجوى يتبع في توزيعه التوزيع العام لدرجة الحرارة . والعوامل التي ينتج عنها تغيير في قيمة الضغط الجوى في الجزء السفلى من الجو هي نفسها العوامل التي تؤثر على توزيع درجة الحرارة ، ولذا يعتبر البعد عن خط الإستواء وعلاقة الأرض بالماء (التغير في نسبة بخار الماء) من أهم العوامل التي تؤثر على توزيع الضغط . وتعتمد عملية التنبؤ الجوى إعتماداً أساسياً على تتبع تحركات موجات

الضغط العالى والضغط المنخفض لأنها هي التي تؤثر على حركة الكتل الهوائية من منطقة إلى أخرى ، وما يلى ذلك من تغيرات تطرأ على العناصر الأخرى .



(شكل ٣١ أ) المرتفع والمنخفض الجوى



(شكل ٣١ب) إتجاه الكتل الهوائية بالنسبة للمرتفع والمنخفض الجوى

التوزيع الأفقى للضغط الجوى :

تختلف قيمة الضغط الجوى بإختلاف خطوط العرض ، ويكون تأثير خط العرض على الضغط بسبب إختلاف درجة حرارة المكان حيث ينشأ على

طول خط الإستواء حزام من الضغط المنخفض له شكل متناسق يعرف باسم الرهو الجوى Doldrum وتنشأ عند الأقطاب الباردة أحزمة من الضغط العالى . ويتمركز بين خطى عرض (٦٠ – ٧٠ درجة شمالا وجنوبا) حزام الضغط تحت القطبى المنخفض ويوجد بين خطى عرض (٢٥ – ٣٠ درجة شمالا وجنوبا) حزام الضغط تحت الإستوائى العالى .

وتنشأ هذه الضغوط أساساً نتيجة للإختلاف في درجات الحرارة وبالتالي الإختلاف في كثافة الهواء ، ولذا تتأثر مواضع هذه الأحزمة كثيراً بالهجرة الظاهرية السنوية للشمس . ولكن يجب أن نلاحظ أن خط العرض ليس هو العامل المحدد الوحيد لدرجة حرارة المكان . بل إن الرياح تلعب دوراً في توزيع درجات الحرارة من خط عرض إلى آخر ، كما أن هذه الأحزمة تتكسر نتيجة للتوزيع غير المنتظم لليابس والماء . ففي فصل الشتاء نجد أن القارات تكون باردة نسبياً وتميل لتكوين مراكز ضغط عالى بينما تكون المحيطات أكثر دفئاً ويسودها ضغط منخفض وفى الصيف يحدث العكس . فنجد أن القارات أكثر سخونة من المحيطات وبالتالي تكون القارات ذات ضغط منخفض والمحيطات ذات ضغط جوى عالى .

ولمعرفة توزيع الضغط الجوى على المستوى الأفقى لابد من رسم "خرائط الطقس " التي يوضح بها عدد من محطات الرصد الجوى المختارة ، ويتم توزيع قيم الضغط الجوى المأخوزة من هذه المحطات في وقت واحد كل ثلاث ساعات وتصحح هذه القيم بالنسبة لمستوى سطح البحر ، ثم يتم رسم خطوط تمر بمناطق الضغط المتساوية " تعرف باسم خطوط تساوى الضغط" Isobars بحيث تتفاوت عن بعضها بمقدار خمسة ملليبار . ومن تتبع قيم الضغط الجوى لهذه الخطوط يمكن تحديد مناطق الضغط المرتفع ومناطق الضغط المنخفض لمستوى سطح البحر . ويلاحظ أن بعض هذه

الخطوط يكون مقفلا ويغطى مساحات كبيرة من سطح الأرض ، وهذه تمثل الإرتفاع الجوى High Atmospheric Pressure ويرمز له بالرمز (H) أو تمثل الإنخفاض الجوى Low Atmospheric Pressure ويرمز له بالرمز (L) .

وفى الأول " المرتفع الجوى " يكون الضغط الجوى فيه أعلى بالنسبة لما يجاوره من مناطق ، بينما في الثانى " المنخفض الجوى " يكون الضغط فيه أقل مما يجاوره من مناطق .

ويعرف معدل النقص في الضغط الجوى بالنسبة لوحدة المسافات باسم "منحدر الضغط " وتتولد نتيجة لوجود إختلاف في قيمة الضغط الجوى بين نقطتين على مستوى واحد قوة هي (قوة منحدر الضغط) وتتسب في حركة الرياح السطحية من مناطق الضغط المرتفع إلى مناطق الضغط المنخفض . وهناك علاقة وثيقة بين سرعة الرياح وتوزيع الضغط الجوى ، بمعنى أنه كلما صغرت المسافة بين خطوط تساوى الضغط كلما زادت سرعة الرياح والعكس صحيح .

أما بالنسبة لإتجاه الرياح فالمتوقع أن تهب من منطقة الضغط العالى عمودية على خطوط تساوى الضغط وذلك إذا كانت قوة منحدر الضغط هي المحدد الوحيد لحركة الرياح ، ولكن الواقع غير ذلك حيث تتدخل عوامل أخرى في التأثير على حركة الرياح بحيث يحدث إنحراف في إتجاه الهبوب يصنع زاوية قدرها ٣٠ درجة في المتوسط مع خطوط تساوى الضغط .

وتوضح قاعدة بايز بالوت Bays Baiiots العلاقة بين الضغط الجوى وإتجاه الرياح كما يلى :

إذا وقف شخص في النصف الشمالى من الكرة الأرضية بحيث كانت الرياح تهب من الإتجاه الخلفى له وكان وجهه ناحية الإتجاه الذى تتحرك إليه الرياح فإن مركز الإرتفاع الجوى يكون على يمينه وللخلف قليلا ومركز الإنخفاض الجوى يكون على يساره للأمام قليلا . وينعكس الوضع في النصف الجنوبى من الكرة الأرضية بحيث يصبح الإرتفاع الجوى على اليسار ومركز الإنخفاض الجوى على اليمين .

التوزيع الرأسى للضغط الجوى :

يقل الضغط الجوى بالإرتفاع عن مستوى سطح البحر ، ولكن معدل التناقص بالإرتفاع ليس ثابتاً لأنه يتأثر بعوامل عديدة ، فإختلاف تسخين سطح الأرض يؤدى إلى إختلاف في درجة حرارة الهواء الملامس لسطح الأرض وبالتالي يختلف معدل النقص في درجة الحرارة بالإرتفاع من مكان لآخر . والإختلاف في كمية بخار الماء تؤثر على قيمة الضغط الجوى بالإرتفاع ، حيث أن الهواء المحمل ببخار الماء تكون كثافته أقل من الهواء الجاف الثقيل إلا أن تأثير بخار الماء على قيمة الضغط هو تأثير طفيف بالنظر إلى قلة كثافة البخار بالنسبة لكثافة مخلوط مكونات الهواء الأخرى . والإختلاف في قيمة الجاذبية الأرضية من مكان لآخر كل ذلك يؤثر على قيمة الضغط الجوى مع الإرتفاع .

وينشأ عن الإختلاف في قيمة الضغط الجوى رأسياً قوة منحدر ضغط ، وهذه يمكن أن تتزن مع قوة الجاذبية الأرضية . أما إذا لم تتزن القوتان فإن محصلتهما هو تولد تياراً هوائياً صاعدرا أو هابطا . إلا أنه يجب أن ننوه إلى أن حركة الهواء بفعل إختلاف قيمة الضغط الجوى من مكان إلى آخر في المستويات الأفقية تكون أكبر بكثير جداً منها في المستويات الرأسية ،

فالحركة الرأسية تشمل إرتفاعات صغيرة ، أما الحركة الأفقية تشمل سطح الأرض بالكامل .

ولا يستطيع الإنسان أن يرتفع في الجو كما يحلو له قبل أن يتخذ الإحتياطات اللازمة ، فهو لن يجد كفايته من الأكسجين اللازم لتنفسه مما يسبب الشعور بالضيق والإختناق ، وضرب الله سبحانه وتعالى مثالاً لذلك في القرآن الكريم بقوله تعالى في سورة الأنعام : " ومن يرد أن يضله يجعل صدره ضيقاً حرِجاً كأنما يصَّعَّدُ في السماء " .

وإذا واصل الإنسان صعوده يصبح ضغط الدم داخل شرايينه أعلى من الضغط الجوى الخارجي مما يؤدى إلى إنفجار هذه الشرايين وخروج الدم من الأنف والأغشية الضعيفة في الجسم ثم الإصابة بالإغماء والموت خلال نصف دقيقة ، ويمكن تقدير متوسط تناقص قيمة الضغط الجوى بالإرتفاع كما يلى :-

- يقل الضغط الجوى بمعدل ١ ملليبار كل ١٠ متر من سطح الأرض حتى ارتفاع ٣ كم .
- يقل الضغط الجوى بمعدل ٠,٧ ملليبار كل ١٠ متر من ارتفاع ٣ كم حتى ارتفاع ٦ كم .
- يقل الضغط الجوى بمعدل ٠,٦ ملليبار كل ١٠ متر من ارتفاع ٦ كم حتى ارتفاع ٩ كم .
- يقل الضغط الجوى بمعدل ٠,٤ ملليبار كل ١٠ متر من ارتفاع ٩ كم حتى ارتفاع ١٢ كم .
- يقل الضغط الجوى بمعدل ٠,٢ ملليبار كل ١٠ متر من ارتفاع ١٢ كم حتى ارتفاع ١٥ كم .

- يقل الضغط الجوى بمعدل ٠,١ ملليبار كل ١٠ متر من ارتفاع ١٥ كم حتى ارتفاع ١٨ كم .

معدل الإنخفاض في الضغط	الإرتفاع
٠,١ ملليبار / ١٠ متر	١٨كم
٠,٢ ملليبار / ١٠ متر	١٥كم
٠,٤ ملليبار / ١٠ متر	١٢كم
٠,٦ ملليبار / ١٠ متر	٩كم
٠,٧ ملليبار / ١٠ متر	٦كم
١ملليبار / ١٠ متر	٣كم
مستوى سطح البحر	

معدل تناقص الضغط الجوى مع الإرتفاع عن مستوى سطح البحر .

التغير اليومى لقيمة الضغط الجوى :

يصعب تمييز الذبذبات اليومية لقيمة الضغط الجوى نظراً لتأثرها بحركة الإرتفاعات والإنخفاضات الجوية المارة بالمنطقة إلا أنه بوجه عام يمكن تمييز ذبذبتين يومياً حيث تبلغ قيمة الضغط الجوى نهايتها العظمى في الساعتين العاشرة صباحاً والواحدة مساء بالتوقيت المحلى لجمهورية مصر العربية . كما تبلغ قيمة الضغط الجوى نهايتها الصغري في الساعتين الرابعة صباحاً ، والسادسة مساء .

الإرتفاع والإنخفاض الجوى :

يُعَدْ كل من الإرتفاع والإنخفاض الجوى من أوضح وأهم التوزيعات الجوية على خريطة الطقس ويمكن توضيح مميزاتها كما في الجدول الآتى :

م	الإنخفاض الجوى Low	الإرتفاع الجوى High
١ـ	هو توزيع جوى يغطى مساحة شاسعة من سطح الأرض يتراوح قطرها بين ٢٠٠ إلى ٣٠٠ كيلومتر .	
٢ـ	يحدث في منطقته إنخفاض كبير في قيمة الضغط بالنسبة لما يجاوره من مناطق	يحدث في منطقته ارتفاع كبير في قيمة الضغط بالنسبة لما يجاوره من مناطق
	يتحرك الإنخفاض الجوى من الغرب إلى الشرق في نصف الكرة الأرضية الشمالى وتبلغ سرعته في الشتاء ضعفها في الصيف وعند إنتقال الإنخفاض الجوى تنتقل معه حالات الطقس الملازمة له " متوسط سرعته ٣٠كم/ساعة	يتحرك الإرتفاع الجوى مثل حركة الإنخفاض الجوى وإن كان في الإمكان تغييره لإتجاهه أو عودته إلى حيث أتى ، وعند إنتقال الإرتفاع الجوى تنتقل معه حالات الطقس الملازمة له .
٤ـ	يصاحب الإنخفاض الجوى خاصة عند المركز صعود الهواء من الطبقات السفلى وتجمعه في الطبقات العليا . ولما كان صعود الهواء يعنى تمدده مما يخفض درجة حرارته ذاتيا . لذا تعمل ظاهرة التجمع على نشأة السحب وسقوط الأمطار، أي عدم إستقرار الجو والطقس السيء بوجه عام .	يصاحب الإرتفاع الجوى خاصة عند المركز هبوط الهواء من الطبقات العليا وتفرقه في الطبقات السطحية . ولما كان هبوط الهواء يعنى تضاغطه مما يرفع درجة حرارته ذاتيا . لذا تعمل ظاهرة تفرق الهواء على تدفئة الجو قرب السطح، أي إستقرار الجو والطقس الجيد بوجه عام .
٥ـ	خطوط الضغط المتساوي الممثلة له تظهر دائرية أو بيضاوية الشكل	خطوط الضغط المتساوى والممثلة له تظهر غير منتظمة الشكل ومتباعدة عن بعضها خاصة عند المركز .

م	الإنخفاض الجوى Low	الإرتفاع الجوى High
٦ـ	تقل قيمة الضغط الجوى كلما إتجهنا نحو المركز وتزداد كلما إتجهنا نحو الأطراف ويتفاوت الإنخفاض الجوى في عمقه (إنخفاض عند مركزه) فقد يصل أحيانا إلى ٩٢٥ ملليبار . ولا يدل عمق الإنخفاض الجوى على شدته لإرتباط ذلك بتدرج قيمة الضغط .	تزداد قيمة الضغط الجوى كلما إتجهنا نحو المركز ويتفاوت الإرتفاع الجوى في ارتفاع الضغط عند مركزه وتتوقف شدته على تدرج قيمة الضغط .
٧ـ	يميل الإنخفاض الجوى للبقاء فوق المناطق الساخنة ولذا فهو يتحرك فوق القارات صيفاً وفوق المحيطات شتاء	يميل الإرتفاع الجوى للبقاء فوق المناطق الباردة ولذا فهو يتحرك فوق القارات شتاء وفوق المحيطات صيفاً .
	أنواع الإنخفاضات والإرتفاعات الجوية	
أ)	**إنخفاض جوى دائم :** يتكون فوق منطقة معينة لايغادرها طول العام مثل الإنخفاض الجوى عند القطبين الشمالى والجنوبى	**ارتفاع جوى دائم :** يتكون طول العام حول خط عرض ٣٠ شمالا وجنوبا فوق المحيطات بالقرب من مسار التيارات المائية الباردة المتحركة نحو خط الإستواء مثال ارتفاع المحيط الهندى (شرق مدغشقر) وإرتفاع المحيط الإطلنطى (غرب أسبانيا) وإرتفاع المحيط الباسفيكى (غرب كاليفورنيا)
ب)	إنخفاض جوى شبه دائم : يتكون في منطقة معينة في فصل معين ويختفى في غيره . مثل إنخفاض استراليا وإنخفاض الهند وإنخفاض جنوب أمريكا وكلها تظهر صيفا وتختفى شتاء	ارتفاع جوى شبه دائم : يتكون في منطقة معينة في فصل معين ويختفى في غيره مثل ارتفاع سيبيريا وإرتفاع كندا وإرتفاع جنوب إفريقيا وكلها تظهر فوق اليابسة شتاء وتختفى صيفا

م	الإنخفاض الجوى Low	الإرتفاع الجوى High
جـ	**إنخفاض جوى متحرك :** هذا الإنخفاض يظهر صغيراً ثم يتعمق وينخفض الضغط عند مركزه بالتدريج) وتتسع رقعته ثم يضعف بعد ذلك ويتلاشى ومن أمثلة هذا النوع : **الإنخفاض الجوى الحرارى .** وينشأ عن إختلاف طبيعة السطح (اليابس والماء) إختلاف في شدة التسخين وبالتالي إختلاف في درجة حرارة الكتل الهوائية الملامسة ولذا تكون الظروف مواتية لظهور الإنخفاض الجوى الحرارى فوق اليابسة صيفاً . **الإنخفاض الجوى الثانوى .** وهو يتشكل عقب الإنخفاض الجوى السابق إذا هبت كتلة هواء باردة على الإنخفاض الجوى قبل أن ينتهى تماما فتعيد إليه نشاطه بسرعة دون الحاجة إلى مرحلة التولد الأولى . **الإنخفاض الجوى ذو الجبهات .** سيأتى شرحه فيما بعد **الإنخفاض الجوى الإستوائى .** ويتكون مع الأعاصير الإستوائية .	**ارتفاع جوى متحرك :** هذا الإرتفاع يظهر صغيراً ثم يزداد الضغط عند مركزه وتتسع رقعته ثم يضعف بعد ذلك ويتلاشى . ومن أمثلة هذا النوع : **الإرتفاع الجوى الحرارى .** وينشأ عن إختلاف طبيعة السطح (اليابس والماء) إختلاف في شدة التسخين وبالتالي تكون الظروف مواتية لظهور الإرتفاع الجوى الحرارى فوق اليابسة شتاء .

الإنخفاض الجوى ذو الجبهات :

قام العالم بيركنز Bjerkens بتفسير تكون الإنخفاض الجوى ذو الجبهات كما يلى :-

أولا : مرحلة التولد :

١- في هذه المرحلة تتقابل كتلة هوائية باردة مع كتلة هوائية ساخنة وحيث أن حركة الكتلتين في إتجاهين متضادين لذا يعرف السطح الوهمى بينهما باسم الجبهة الساكنة .

٢- يحدث على هذه الجبهة إضطراب موجى بسبب ذلك الإختلاف الكامل بين خواص الكتلتين ويتولد نتوء عند سطح الجبهة يصحبه تخلخل وإنخفاض في قيمة الضغط الجوى .

٣- يزداد إنخفاض الضغط تدريجيا ويتسع النتوء ويحيط الهواء البارد بالهواء الساخن ليرفعه إلى أعلى مما يتيح الفرصة لظهور السحب وعندئذٍ يبدو واضحاً تكون جبهة باردة في الجانب الغربى من النتوء (نتيجة سيطرة الهواء البارد وإرتقائه للهواء الساخن) كما تظهر جبهة ساخنة في الجانب الشرقى من النتوء (نتيجة إزاحة الهواء الساخن للهواء البارد) . وتلتقى الجبهتان عند مركز النتوء وبذلك يتكون الإنخفاض الجوى ذو الجبهات .

ثانياً : مرحلة التحرك :

في هذه المرحلة يبدأ الإنخفاض الجوى ذو الجبهات في التحرك في إتجاه الرياح في القطاع الحار ويكون ذلك من الغرب إلى الشرق في نصف الكرة الشمالى ، وكلما تقدم الإنخفاض الجوى كلما دفع الهواء البارد في المؤخرة مايوجد أمامه من هواء ساخن (أي أن الجبهة الباردة تكون

أسرع في حركتها من الجبهة الساخنة) ولا يجد الهواء الساخن امامه سوى الهروب إلى أعلى فوق الجبهتين وبالتالي يتناقص القطاع الحار شيئا فشيئاً .

ثالثا : مرحلة الإتحاد :

في هذه المرحلة تلحق الجبهة الباردة بالجبهة الساخنة وتتحد معها إبتداء من المركز ثم يمتد الإتحاد بعد ذلك بعيداً عنه ويتبع ذلك تناقص للقطاع الحار بدرجة كبيرة وإزدياد تعمق الإنخفاض (أي إنخفاض قيمة الضغط الجوى عند المركز ووصولها إلى أقل قيمة ممكنة لها) وإلتقاء الهواء البارد الذى كان موجودا أمام الجبهة الساخنة بالهواء البارد الذى كان موجوداً خلف الجبهة الساخنة مع ملاحظة إختلافها النسبى في درجة الحرارة نظراً لإختلاف الظروف التي تعرض لها كل منهما ، ولذا تظهر جبهة متحدة باردة إذا دفع (الهواء الأبرد) الهواء البارد أمامه . بينما تظهر جبهة متحدة ساخنة إذا دفع الهواء البارد الهواء الأبرد أمامه .

الباب السادس

الريـــاح WIND

من بديهيات علم الأرصاد أن هناك إرتباطاً وثيقاً بين العناصر الجوية بعضها ببعض ، فالرياح كعنصر من العناصر الجوية ترتبط بتوزيع الضغط الجوى على سطح الأرض . وهذا بدوره يرتبط بتوزيع درجة حرارة الهواء في الطبقة السطحية التي تؤثر على كثافة الهواء وبالتالي ضغطه أو وزنه .

ومن ناحية أخرى تقوم الرياح بدور فعال في توزيع الحرارة والرطوبة على سطح الأرض من المناطق الساخنة الى المناطق الباردة ومن طبقات الجو السفلى إلى طبقات الجو العليا ، وبذلك يحدث التوازن الحرارى على سطح الأرض ، ولذلك ليس من قبيل المبالغة القول بأن تفهم حركة الرياح هو (مفتاح علم الظواهر الجوية) .

فالرياح هي الهواء المتحرك ، ويتحرك الهواء بسبب إختلافات أو فروق الضغط الجوى . وتأتى فروق الضغط الجوى من إختلافات أو فروق درجات الحرارة التي تؤثر على الكثافة ، وتأتى إختلافات درجات الحرارة كما سبق ذكرها من :-

١- إختلافات توزيع الطاقة الشمسية على سطح الأرض .
٢- إختلافات زاوية سقوط الأشعة على سطح الأرض .
٣- إختلاف طبيعة سطح الأرض وتوزيع اليابس والماء .

فالهواء يتحرك من مناطق الضغط المرتفع إلى مناطق الضغط المنخفض ، والمعروف أن الشمس عندما ترسل أشعتها على سطح الأرض ترتفع حرارة اليابس وتصل درجة حرارته إلى درجات أكبر بكثير من درجات حرارة الأسطح المائية . وبذلك يصير الهواء الذى يعلو اليابسة أسخن من الهواء

الملامس للأسطح المائية ، والمعروف أن الهواء عندما ترتفع درجة حرارته يتمدد (أي يزداد في الحجم) وبالتالي تقل كثافته كثيرا بإزدياد المسافات البينية التي تفصل بين جزيئاته ، أما الهواء البارد فهو كثيف نسبياً إذ تتكدس فيه الجزيئات بجوار بعضها مع تقليل المسافات البينية بينها ، وهكذا يوجد فرق في الضغط الجوى .(يتناسب الضغط تناسبا طرديا مع الكثافة وتناسبا عكسياً مع درجة الحرارة) إذ يصبح الهواء البارد أكبر ضغطاً من الهواء الساخن ، وتحت تأثير فروق الضغط هذه يعرف الفرق بين منطقتين متجاورتين مختلفتين في الضغط باسم إنحدار الضغط فيندفع الهواء ويتحرك في صورة رياح . **فالرياح إذاً هي عبارة عن الحركة الأفقية للهواء مابين مكانين مختلفين في الضغط الجوى .**

فإذا مددنا أيدينا فوق مدفأة فسوف نشعر بصعود هواء ساخن لأن المدفأة تقوم بتسخين الهواء ويصعد الهواء الساخن لأنه أخف وزناً من الهواء البارد الذى يحيط به . وفى أثناء صعود الهواء الساخن يتحرك الهواء الأبرد ليحل محله. وهذا هو الشىء نفسه الذى يحدث في الغلاف الجوى . وتقوم الحرارة المنبعثة من الشمس بتسخين الأرض وتقوم الأرض بدورها بتسخين الهواء الذى يعلوها وعندئذٍ يصعد الهواء الساخن إلى أعلى ويحل محله الهواء البارد وينتج عن تحركات الهواء هذه الرياح .

العوامل التي تؤثر على إتجاه الرياح وسرعتها :

١- **دوران الأرض حول نفسها** . سرعة دوران الأرض حول نفسها من أهم العوامل التي تؤثر على إتجاه الرياح وهى في الحقيقة ليست قوة بالمعنى المفهوم ، ولكنها تأثير ناتج عن حركة الأرض وحركة الهواء بالنسبة لهذه الحركة . وهذه القوة تحرك كل الرياح في نصف الكرة الشمالى إلى اليمين ، وفى نصف الكرة الجنوبى إلى اليسار ، وعند خط الإستواء

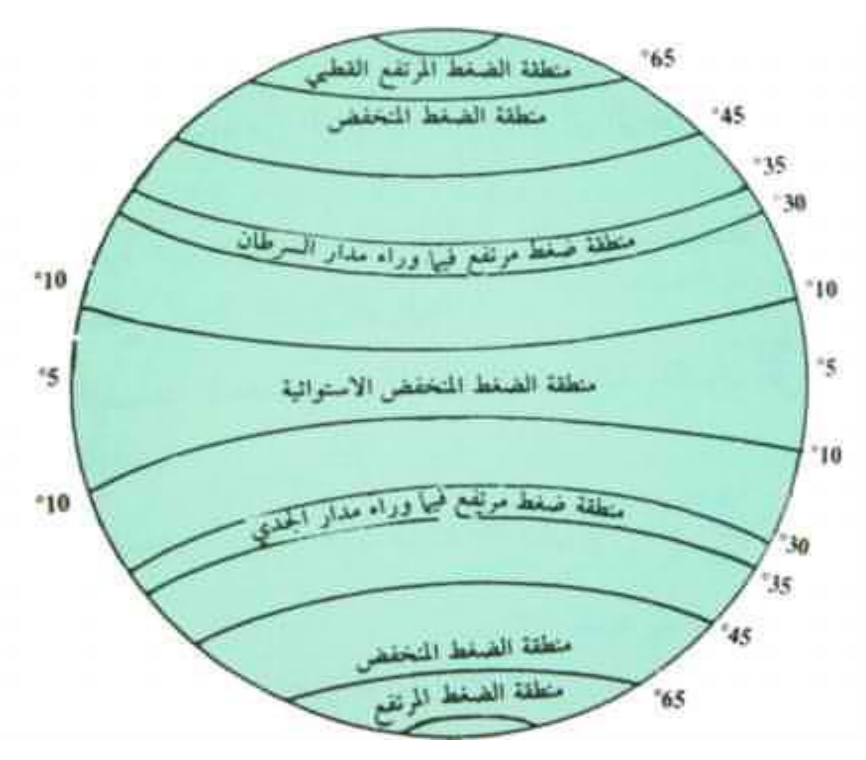
يكون تأثيرها صفر ويزداد تدريجيا كلما إتجهنا للأقطاب وهى تؤثر بزاوية مقدارها ٩٠ درجة على الإتجاه الأفقى للرياح ، وتتناسب طردياً مع السرعة الأفقية للرياح على الرغم من أن سرعة الرياح لاتتأثر بهذه القوة .

٢- **قوة فروق الضغط** . وتتولد نتيجة فرق الضغط بين نقطتين يتولد عنها الحركة الأولية للرياح من الضغط المرتفع إلى الضغط المنخفض والتي تتناسب في سرعتها مع هذه القوة التي هي عبارة عن منحدر الضغط .

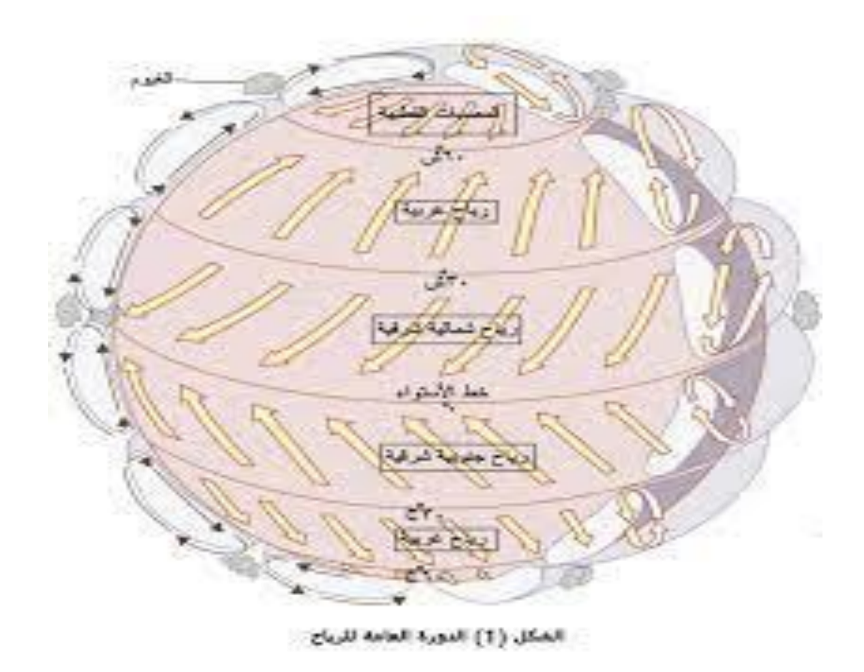
٣- **الإحتكاك بسطح الأرض** . تتأثر الرياح من حيث السرعة والإتجاه بالإحتكاك بالسطح والطوبوغرافية ودوامات الهواء في المستويات السفلى ولكن هذه التأثيرات لاتتعدى عادة ارتفاع قدره ٥٠٠ – ١٠٠٠ متر ، والإحتكاك السطحى يقلل من سرعة الرياح ونتيجة لذلك يتحرك الهواء متخللا خطوط الضغط المرتفع إلى الضغط المنخفض ، وتسمى الرياح بإتجاهها (أي الإتجاه التي تهب منه وليس الإتجاه الذى تندفع إليه) ، فالرياح المندفعة في الإتجاه الشمال الشرقى مثلا تكون رياح جنوبية غربية .

الدورة العامة للرياح

قبل أن نتكلم عن الدورة العامة للرياح لابد من ذكر أحزمة الضغط على سطح الكرة الأرضية لإرتباط الرياح بالضغط الجوى كما سبق ذكره . ولذلك نجد أن الضغط الجوى ينقسم على سطح الأرض إلى الأحزمة المبينة بالشكل الآتى :-



(شكل ٣٢) توزيع الضغط الجوى على سطحالأرض



(شكل ٣٣) الدورة العامة للرياح

وتتلخص فكرة الدورة العامة للرياح فيما يلى :-

١- من منطقة الضغط العالى في ركاب الخيل إلى منطقة الركود تهب الرياح التجارية وهى شمالية شرقية في نصف الكرة الشمالى وجنوبية شرقية في نصف الكرة الجنوبى ، وسميت تجارية لهبوبها وثبوتها على المحيطات ولا يتغير إتجاهها إلا نادراً . وهى تهب من مناطق باردة نسبيا إلى مناطق ساخنة نسبياً لأنها تقترب من خط الإستواء . وهذه الرياح تكون جافة ولذلك تكثر في مناطق هبوبها الصحارى مثل الصحراء الكبرى وصحراء العرب .

٢- تهب من مناطق الضغط العالى عند القطبين (الطاقية القطبية) رياح شرقية إسمها الشرقيات القطبية ،وهذه الرياح هي أبرد رياح على الأرض ، وتهب إلى المناطق المعتدلة أو خطوط العرض المتوسطة حيث تتولد الإنخفاضات الجوية العرضية ، وهى لاتتولد إلا في العروض الوسطى ولذلك فإن العروض الوسطى تعتبر منطقة ضغط خفيف نسبياً بسبب مرور الإنخفاضات الجوية العرضية بها .

٣- تهب الرياح الغربية من مناطق ركاب الخيل إلى العروض الوسطى وتسمى غربيات سائدة وهى رياح ممطرة لأنها تهب من مناطق ساخنة نسبياً إلى مناطق أبرد ، وهناك سطح وهمى يفصل بين الشرقيات القطبية والغربيات السائدة . هذا السطح يعرف باسم الجبهة القطبية ، وعليها تتكون الإنخفاضات العرضية . وأول من إكتشف هذه الحقيقة هو عالم الرصد الجوى "بركن " النرويجى . وفى المحيط الأطلنطى تندفع الغربيات السائدة ومعها تيار الخليج الدافىء الذى يحمل الدفء إلى شواطئ غرب أوروبا حتى خط عرض ٨٠ شمالا ، وتتحرك منطقة الغربيات السائدة أيضاً صوب الشمال أو الجنوب تبعاً لحركة الشمس

الظاهرية ، ولهذا فهى في فصل الشتاء تغمر منطقة البحر الأبيض المتوسط وتصيبه بأمطار شتوية .

وعندما نرسم قطاعاً رأسيا للدورة العامة للرياح نجدها تتكون من ثلاث خلايا رئيسية :-

١- تلتقى الرياح التجارية عند خط الإستواء فترتفع إلى أعلى عند خط الإستواء ثم يعود الهواء فيهبط عند ركاب الخيل وهذه هي الخلية الأولى.

٢- الرياح الغربيات السائدة تلتقى مع الشرقيات القطبية عند خط عرض ٦٠ شمالاً وجنوباً فيصعد الهواء مرة أخرى ليكون الخلية الثانية .

٣- يهبط الهواء عند القطبين ليصعد عند خطى عرض ٦٠ شمالاً وجنوباً وهذه هي الخلية الثالثة .

وحيث يصعد الهواء يبرد ذاتياً وحيث يهبط يسخن ذاتياً ، فيصاحب الصعود سقوط الأمطار وتكوين الغابات الإستوائية عند خط الإستواء والغابات الصنوبرية عند خط عرض ٦٠ شمالا وجنوبا ، وحيث يهبط تتكون الصحارى كما في شمال إفريقيا أو الصحارى الجليدية عند القطبين .

الجبهــات

الجبهة هي منطقة إلتقاء كتلتين هوائيتين مختلفتين إحداهما ساخنة والأخرى باردة ، وهاتين الكتلتين تبقيان كوحدتين غير مندمجتين مع بعضهما ومحتفظتين بالمزايا والصفات الخاصة لكل منهما ، وكلما كان الإختلاف كبيراً بيين الكتلتين حدثت إضطرابات جوية كبيرة .

الجبهة القطبية وتولد الإنخفاضات العرضية :

تعرف الجبهة القطبية بأنها السطح الوهمى الذى يفصل بين الغربيات السائدة عن الشرقيات القطبية . والغربيات السائدة هي رياح ساخنة نسبياً والشرقيات

القطبية هي رياح باردة ، ولهذا يحدث نتيجة إلتقائهما مايسمى بالإنخفاضات العرضية ، وتعرف الإنخفاضات العرضية بأنها عبارة عن جزء من الجو ينخفض فيه الضغط الجوى إنخفاضا كبيراً فيحدث ذبذبة في الضغط كثيراً ماتفوق سعتها سعة التغيرات السنوية إذ قد يصل إلى ٥٠ ملليبار في اليوم الواحد ، والإنخفاض لايثبت بعد تكوينه في مكان واحد إلا نادراً وتحت ظروف خاصة . وفى العادة أنه يسير من الغرب إلى الشرق (في نصف الكرة الشمالى وتصحبه أثناء سيره سلسلة من التقلبات الجوية التي تتكرر في كل مكان بتكرار مرور هذه المنخفضات .

وفيما يلى عرض لنظرية الجبهة القطبية :

١- تبدأ النظرية بسطح مستوى يفصل بين الشرقيات القطبية الباردة والغربيات السائدة الساخنة نسبيا .
٢- يندفع الهواء الساخن داخل التيار البارد في صورة نتوء لايلبث أن ينمو مكوناً القطاع الساخن (أي النتوء من الهواء الساخن المتجمع داخل الهواء البارد نسبياً) .
٣- تلتوى الجبهة الفاصلة بين الكتلتين في صورة موجه ويسمى الجزء الأمامى من الجبهة بالجبهة الساخنة والجزء الخلفى من الجبهة بالجبهة الباردة ، ونقطة إلتقائهما هي مركز الإنخفاض ويظهر الإنخفاض الجوى العرضى .
٤- يتحرك مركز الإنخفاض غالبا في إتجاه الرياح داخل القطاع الساخن المتجه نحو الشمال الشرقى تقريبا . ذلك مالم يؤثر عليه عوامل أخرى مثل :-

أ) تواجده ضمن دورة أعم من الرياح حول إنخفاض أخر أقوى وأنشط فينجرف (مركز الإنخفاض) حول هذا الأخير .

ب) إعتراض الهضاب أو تيارات الهواء القطبية له .

٥- تسير الجبهة البارد بسرعة أكبر من الجبهة الساخنة فتملأ الجيب المتكون تدريجياً حتى تنتهى معالم الإنخفاض الجوى ويقال أنه قد إمتلأ ثم تتكرر هذه العملية بإستمرار .

الجبهة الساخنة :

تتكون عندما تندفع كتلة من الهواء الساخن نحو كتلة من الهواء البارد وتلحق بها . مما يؤدى إلى ارتفاع الهواء الساخن تدريجياً فوق الهواء البارد أعلى الجبهة الساخنة إلى ارتفاع ٦ كم تقريبا مكوناً السحب منها السمحاق الذى هو عبارة عن بللورات ثلجية تتكون في السحب العالية . ويعقب ذلك سحب متوسطة على ارتفاع ٤ كم منها الطبقى المتوسط وهى سحب قليل مايتساقط منها المطر . وإذا كان الهواء الساخن رطباً تتكون السحب المنخفضة الممطرة المعروفة بالسحب الركامية ، أما إذا كان الهواء الساخن قادما من الصحارى كما هو الحال في البلاد العربية فإن السحب الممطرة لاتتكون .

الجبهة الباردة :

تتكون عندما تتدفق كتلة من الهواء البارد نحو كتلة من الهواء الساخن نسبياً . وعندئذٍ يمتد الهواء البارد حاملاً الهواء الساخن لأعلى تدريجياً . ويظهر في مقدمة الجبهة الباردة سحاب طبقى ركامى متوسط وهو على هيئة كتل . ويعقب ذلك أيضاً المزن الركامى وهى سحب تنمو في الإتجاه الرأسى إلى ارتفاع نحو ٤كم وهى الوحيدة التي تجود بالبرد وهى التي تعطى الرخات .

جبهة الإمتلاء :

وهى ترمز إلى الحالة التي تنطبق فيها أجزاء الجبهة الباردة القريبة من المركز بأجزاء الجبهة الساخنة . ويمتد هذا الإنطباق تدريجيا كلما

إنكشف مساحة القطاع الساخن مكونا جبهة الإمتلاء ، ولاتزال هذه الأخيرة تمتد حتى يختفى القطاع الساخن وبذلك يتم رفع الهواء الساخن إلى أعلى ويختفى القطاع الساخن بحلول الهواء البارد مكانه ويصحب هذه الظاهرة في العادة المطر المتواصل .

الدورات الهوائية المحلية

يتكون في بعض الأماكن دورات هوائية محلية نتيجة لإختلاف طبيعة سطح الأرض ومن أهم هذه الدورات الهوائية المحلية ما يأتي :-

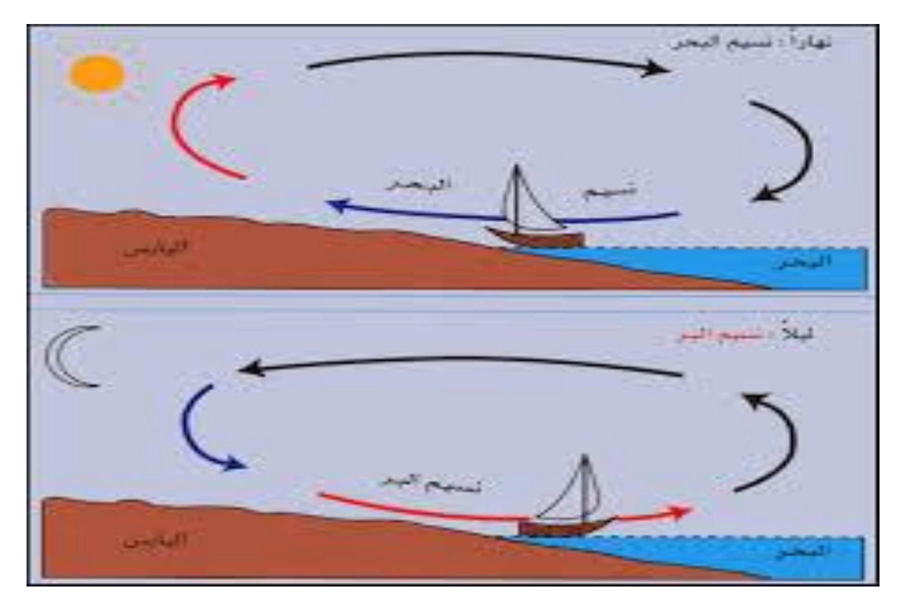
أ) **نسيم البر والبحر :**

تتكون في شواطئ البحار والأنهار والبحيرات دورة هوائية محلية بسبب إختلاف درجة الحرارة بين اليابسة والسطوح المائية ، وتعكس هذه الدورة الهوائية إتجاهها فيما بين الليل والنهار مسببة حدوث مايسمى بنسيم البر ونسيم البحر .

١- **نسيم البر** : يحدث ليلا عندما يبرد سطح الأرض (الشواطئ) أكثر من الأسطح المائية المجاورة فيتكون لذلك كتلة هوائية تكون كثافتها أقل من كثافة الهواء فوق الشواطئ وينتج عن ذلك دورة هوائية محلية تتجه من الشاطئ صوب البحر تعرف بنسيم البر ، وهو عادة رياح خفيفة أو معتدلة . وتزداد شدة نسيم البر عادة في النصف الأخير من الليل والصباح الباكر ويصاحب هذه الدورة تشكل السحب المنخفضة على السطوح المائية قرب الشواطئ في الليل المتأخر وفى الصباح الباكر .

نسيم البحر : ويحدث نهاراً عندما يسخن سطح الأرض أكثر من السطوح المائية المجاورة وتقل بالتالى كثافة الهواء فوق الأرض وينتج من ذلك أن يرتفع الهواء فوق الأرض إلى أعلى ليحل محله هواء بارد قادم من البحر ، وتتكون دورة هوائية محلية تعرف بنسيم البحر .

ويتعمق نسيم البحر داخل الأراضى المجاورة مسافات متباينة قد تصل أحياناً إلى ٣ – ٤ كم ويعمل نسيم البحر على تلطيف درجة حرارة الشواطئ خاصة في فصل الصيف وقد يسبب تشكيل بعض السحب على الشواطئ . ويبدأ نسيم البحر نشاطه بعد الظهر عادة عندما يزداد الفرق بين درجتى حرارة الهواء السطحى فوق الأرض والبحر ، وقد يهب فجأة خاصة في الأيام الصافية الساكنة الهواء وتزداد سرعته وفق إزدياد الفرق بين درجتى حرارة الهواء فوق الأسطح المائية وفوق الأرض المجاورة وقد تصل أحيانا إلى ٢٠ عقدة .



(شكل ٣٤) نسيم البر ونسيم البحر

الرياح السطحية الصاعدة والهابطة

ب) **Anabatic and Katabatic winds**

تختلف درجة حرارة الهواء الملامس لسفوح الجبال أو التلال عن درجة حرارة الهواء البعيد عن هذه السطوح وعلى نفس الإرتفاع من سطح الأرض

وينتج عن ذلك دورات هوائية محلية تعكس إتجاهها بين الليل والنهار مسببة مايعرف باسم الرياح السطحية أو الجبلية الهابطة والصاعدة .

١- الرياح الصاعدة Anabatic winds

تحدث نهاراً عندما يسخن سطح الجبال أو التلال بفعل حرارة الشمس أكثر من الهواء البعيد فتخف كثافته ويصل إلى أعلى الجبل ويتكون نتيجة لذلك دورة هوائية محلية صاعدة الجبل تسمى رياح الأناباتيك وهى عادة خفيفة .

٢- الرياح السطحية الهابطة Katabatic winds

وتحدث ليلا عندما يبرد الهواء الملامس لسطوح أو سفوح المرتفعات أكثر من الهواء البعيد عن تلك السطوح فتزداد كثافته ويهبط من أعلى إلى أسفل أي من أعلى السفوح والمرتفعات إلى الوديان ويتكون نتيجة لذلك دورة هوائية محلية تتجه من أعلى السفوح والجبال إلى أسفل صوب الوديان تسمى الرياح الكاتاباتيك . ويلاحظ أن الجبال المغطاة بالثلوج تسبب هبوب هذه الرياح ليلا ونهارا لأن درجة حرارة الثلج تكون عادة أقل من درجة حرارة الهواء البعيد عن هذه السطوح ، وتزداد شدتها ليلا. ومن الرياح الهابطة المشهورة في حوض البحر الأبيض المتوسط " رياح البورا " والتي تهب على الساحل الشرقى لبحر الأدرياتيك هابطة من أعالى الجبال في غرب يوغوسلافيا .

ج) النكباء والشاهقات المائية Tornado and water spoute

هي نوع من الأعاصير الشديدة التي لايزيد قدرها عن نصف كيلومتر . ولهذا لاتظهر على خرائط الطقس وتتميز بإنخفاض الضغط الجوى الشديد في مركزها مما يترتب عليه إزدياد قوة تدرج الضغط وبالتالي شدة الرياح المصاحبة لها . وتظهر هذه الأعاصير على شكل دوامات هوائية عنيفة جداً مصاحبة لسحب الركام المزنى الشاهقة وكثيراً ماتشاهد هذه

السحب الجبلية وقد تدلى من قاعدتها قمع من السحاب يتجه برأسه إلى أسفل في إتجاه رأسى أو مائل ليلتقى بسطح الأرض ، ويسمى هذا القمع أحياناً بالسحب القمعية Funnel Clouds أو سحب النكباء Tornado . وظهور هذه السحب دليل على عدم الإستقرار الشديد بها وتختلف تسمية الأعاصير بإختلاف طبيعة السطح الذى يتحرك فوقه ، فإن تكونت فوق سطح يابس سميت بالنكباء وتتميز بشدة الرياح السطحية المصاحبة لها والتي قد تصل إلى ٢٠٠ عقدة كما يكبر حجم القمع الذى يبلغ قطره الملاصق لقاعدة سحب الركام المزنى مئات الأمتار . وتكثر هذه الأعاصير في حوض الميسيسيبى والميسوزى بأمريكا وكذلك بإستراليا .





(شكل ٣٥) النكباء والشاهقات المائية .

أما إذا تكونت فوق سطح مائى فوق البحار أو المحيطات تسمى بالشاهقات المائية Water spoute وتتميز الشاهقات المائية بأنها أقل شدة من النكباء وأصغر حجماً حيث لايزيد قطر قمعها الملتصق بقاعدة السحب عن عشرة أمتار عادةً ويسبب إلتقاء رأسى القمع بسطح البحر إضطراباً عنيفا بسطحه وصعود رشاش البحر بشدة وإلتحامه بالقمع فيبدو للناظر كأنه نافورة مندفعة من البحر .

ويعتبر إعصار"باتسيراى " الذى ضرب مدغشقر في الثانى عشر من فبراير ٢٠٢٢م من أسوأ الأعاصير حيث تسبب في تشريد مايقرب من ١٣٥ ألف شخص وهدم كثير من المنازل ووصلت سرعة الرياح في هذا الإعصار ١٦٥ كيلومتر / ساعة وأدت الأمطار المصاحبة إلى فصل بعض الأماكن عن بعضها البعض .

الظواهر الجوية المصاحبة للرياح

العواصف الترابية أو الرملية :

تعمل الرياح السطحية عند هبوبها على سطح الأرض المغطى بالأتربة أو الرمال الغير متماسكة على ذَرٌّ الأتربة والرمال ورفعها في الجو وحملها معها أثناء مساراتها المختلفة ، وتتوقف كمية الأتربة أو الرمال المثارة أو المحمولة ومدى إنتشارها في الجو على عدة عوامل منها :-

١- سرعة الرياح . فكلما زادت سرعة الرياح السطحية زادت قدرتها على إثارة الأتربة والرمال .

٢-حجم ذرات وحبيبات الأتربة والرمال ، فكلما كانت صغيرة الحجم سَهُلَ إثارتها وحملها .

٣-إستقرار الجو ، ففي الجو المستقر تتركز الأتربة والرمال المثارة في الطبقات السطحية القريبة من سطح الأرض ، أما في الحالات الغير مستقرة فإنها تنتشر إلى إرتفاعات كبيرة بفعل التيارات التصاعدية الشديدة كما أنها تحمل لمسافات بعيدة .

وتتدهور مدى الرؤية الأفقية بسبب إنتشار الأتربة والرمال في الجو إلا أن علماء الأرصاد أمكنهم تعريف هذه الظواهر الجوية بمدى الرؤية الأفقية ، ففي العواصف الترابية أو الرملية يقل مدى الرؤية الأفقية عن ١٠٠٠متر ، بينما يكون مدى الرؤية الأفقية ١٠٠٠متر أو أكثر في الرمال أو الأتتربة المثارة .

وتهب العواصف الترابية أو الرملية في مقدمة الجبهات الباردة تكتسح المناطق الأرضية والصحراوية كما هو الحال في رياح الخماسين التي تحدث خلال الربيع في جمهورية مصر العربية بينما تثار الأتربة والرمال بفعل إزدياد الرياح السطحية .

الدوامات الترابية أو الرملية Dust ,Sand whirls

وتحدث هذه الظاهرة فوق المناطق الترابية أو الرملية وعلى الأخص الصحراوية وتعرف بإسم الشيطان الأغبر Dust devil أحياناً ، وهى أعمدة من أتربة أو رمال يتصاعد فيها الأتربة أو الرمال في حركات لولبية قوية على ارتفاع ٥٠٠ متر أو أكثر فيمتلىء العمود بأوراق الشجر وقطع الورق مع الأتربة ، وهذه الدوامة الهوائية قوية بدرجة أنها تنتزع الخيام أو تقتلع النباتات والأشجار الصغيرة . وتنشأ عادة من تفاوت تسخين سطح الأرض والطبقات السطحية وحدوث عدم الاستقرار المحلى سرعان مايتشكل في دوامة ترفع الرمال والأتربة والأوراق إلى أعلى في شكل لولبى وفى عمود يبلغ قطره أحياناً حوالى ١٠متر وتظهر بوضوح هذه الدوامات أحيانا في بعض شوارع المدن وِفقَ عدم إستقرار الهواء المحلى في هذه الأماكن .

العجاج Haze

العجاج هو ظاهرة جوية تنتشر فيها ذرات دقيقة جداً من الشوائب العالقة في الهواء والتي لايمكن رؤيتها بالعين المجردة مثل الأتربة والرمال ونوايا التكاثف الملحية التي ينشرها رشاش البحر أو نواتج الإحتراق الصلبة ، ويؤثر العجاج على تدهور مدى الرؤية ولكنه لايقل عن ١٠٠٠متر وإذا قلَّ مدى الرؤية عن ١٠٠٠ متر سمى عجاج كثيف Thick Haze ويؤثر العجاج على الألوان فتبدو خلاله الأجسام البراقة أو المضاءة كان لونها أصفر كما تبدو الأجسام القاتمة زرقاء اللون .

ويحدث العجاج فوق اليابسة من الغروب وأثناء الليل وفى الصباح الباكر عندما تسكن الرياح وتتوقف تيارات الحمل الرأسية ، فتتراكم الشوائب في الطبقات الهوائية المستقرة ، ويمكن تمييز العجاج من الشابورة بقياس الرطوبة النسبية فإذا كانت الرطوبة النسبية أكبر من ٨٥ % أعتبرت الظاهرة " شابورة " أما إذا قلت عن ٨٥ % إعتبرت الظاهرة "عجاجاً" والرقم ٨٥ % ليس رقما فاصلا بينهما ولكنه رقم تقريبى .

الدخان Smoke

ينتشر الدخان في الأماكن الصناعية في صورة سحب سوداء إذا سكنت الرياح سقطت على الأرض وسببت تدهور الرؤية الأفقية ويعمل إستقرار الجو على تركيز الدخان قرب سطح الأرض حول المصانع كما تسبب تيارات الحمل على رفعه إلى طبقات الجو العليا ونشره في الجو بعيداً عن المصانع . ونظراً لخطورة الدخان على مدى الرؤية الأفقية وعلى تلوث الجو حول المصانع تم تركيب مداخن عالية بالمصانع وجُهزت بأجهزة إمتصاص لتقليل تأثيره على التلوث ورفع العادم منه إلى الطبقات العالية التي تزيد سرعة الرياح فيها عن الطبقات السطحية . فعلى سبيل المثال عند تركيب أجهزة إمتصاص على مداخن شركة الأسمنت بِطُرَة أمكنها إحتجاز ٣٠ طن يومياً كانت تنتشر في صورة أتربة من المداخن وتسبب تلوث جو المعادى وطرة . والآن تم إغلاق المصانع داخل الكتل السكنية تماما لزيادة الشوائب العالقة في الجو والتي أدت إلى ظاهرة الإحتباس الحرارى .

الرياح في جمهورية مصر العربية

١- رياح تجارية

وهى رياح ذات سرعات متوسطة تهب طوال العام ولا تؤثر على الغطاء النباتى وهى تهب من الشمال والشمال الشرقى

٢- رياح الخماسين

وهى رياح تهب من الجنوب عبر الصحراء الغربية ولهذا فهى رياح جافة وحارة وقد تصل درجة حرارتها ٤٠ درجة مئوية ، وهذه الرياح محملة بالأتربة والرمال وتهب على مصر في شهرى إبريل ومايو ، وسميت رياح الخماسين لأن مدى إحتمال هبوبه ٥٠ يوما . والخماسين رياح "قِبْلِيَّة" مابين الجنوبية الشرقية والجنوبية الغربية . ويتكرر هبوبها بتولد أو غزو الإنخفاضات الجوية العرضية الصحراوية على مصر خلال الفترة الممتدة من أواخر الشتاء إلى أوائل الصيف . كما أنها كثيراً ماتنشط فتثير الرمال وتملأ الفضاء فتنفذ للعيون وتتراكم في كل مكان ولا يصفو الجو إلا بعد دخول الهواء البارد نسبيا من مناطق البحر المتوسط ، ويكون الجو أثناء موسم الخماسين عُرْضَة للتغيرات العنيفة من حيث الحرارة والرطوبة . إذ تبلغ درجة الحرارة أقصاها والرطوبة أدناها وقد تصل إلى حد الجفاف عند هبوب التيار الخماسينى ثم تصل الحرارة أدناها والرطوبة أقصاها يدل على الرياح الشمالية الآتية من البحر المتوسط ومرور المنخفض الجوى . وعادة تكون المدن الساحلية أقل جهات مصر تعرضا لمثل هذه التغيرات .

وتنشأ حالات الخماسين بوجه عام إما نتيجة لنشاط إنخفاض السودان الموسمى وتحركه نحو الشمال فيغزو التيار الجنوبى الشرقى الحار الذى يلازم مناطق شرق البحر المتوسط أو بظهور الإتخفاضات الجوية على الصحراء .

ويعقب الخماسين في مصر عادة مرور موجات من الهواء البارد نسبياً تثير العواصف الرملية التي يتبعها أمطار متقطعة قرب الساحل ولكنها لا تلبث أن تتلاشى إن عاجلاً أو آجلاً أمام ظهور حالة جديدة من الخماسين وهكذا تغزو البلاد موجات من الحر والبرد تجعل أهم مميزات موسم الربيع في مصر هذه التقلبات الجوية السريعة فتنتشر بعض الأمراض

مثل أمراض الأنف والحنجرة والأنفلونزا ، كما أن الأتربة والتيارات الخماسينية تكون محملة بكثير من الكائنات الحية الدقيقة وتنقلها لمسافات بعيدة من قطر لآخر . كما أن هذه الرياح قد تدفع معها بعض الآفات الزراعية مثل الجراد ، وأهم مميزات الجو الذى يسبق الخماسين هي :-

١- سرعة هبوط الضغط الجوى

٢- ارتفاع درجات الحرارة

٣- تكاثر السحب العالية

٤- إزدياد سرعة الرياح العليا إلى أكثر من ٧٠ كيلومتر في الساعة .

وتؤثر الخماسين كثيرا على المحاصيل الزراعية سواء كانت محاصيل حقلية أو بستانية . فنشاط الرياح في هذه الفترة التي يكون فيها تزهير الأشجار وإتمام عمليات التلقيح والعقد يؤثر سلبا وإيجابا على تلك الأشجار . كما أن إرتفاعدرجات الحرارة في موجات متتالية يؤثر على نضج محاصيل الحقل خاصة القمح والشعير ، كما تلعب دورا هاما في نضج محاصيل الطماطم وغيرها .

٣- برد العجوز

وهى رياح باردة تهب في شهر مارس وتستمر حوالى ثمانية أيام وهى ضارة بالنسبة للنباتات خاصة إذا كانت في مرحلة النمو الأولى أو الإنبات . وهذا ملموس من ناحية تأثيرها على نباتات الطماطم حيث ان بعض أصناف تلك النباتات لاتتحمل الجو البارد والصقيع .

تأثير الرياح على الأرض

تؤثر الرياح على الحياة فوق سطح الأرض تأثيراً قويا وشديداً على جميع أوجه الحياة على سطح الأرض من حيث تكوين التربة الزراعية وكذلك تأثيرها على النبات والحيوان والحشرات النافعة ، وينقسم تأثير الرياح إلى

تأثير ميكانيكي وتأثير فسيولوجى ، ويمكن تلخيص كل منهما في النقاط التالية :

أولاً : التأثير الميكانيكى

١- جرف التربة الزراعية وتعرية جذور النباتات مما يعرضها للعوامل الجوية الضارة خصوصا في الأراضى المستصلحة أو الرملية .

٢- كسر الأفرع والأوراق وتساقط الأزهار . وهذا يؤدى إلى إنخفاض القيمة الإنتاجية للنباتات . وقد تؤدى إلى إقتلاع النباتات أو رقادها .

٣- إعاقة بعض العمليات الزراعية مثل الري بالرش أو التسميد الورقى وكذلك مقاومة الآفات عن طريق الرش أو التدخين بالمبيدات .

٤- تكوين الكثبان الرملية ، وفيها قد يتم نقل بعض حبيبات الرمال بواسطة الرياح وترسيبها سواء في المجارى المائية أو ترسيبها على النباتات الصغيرة أو الحولية مما يؤدى إلى موتها .

٥- تفتيت الصخور ونقل فتاتها من منطقة إلى أخرى وهذا العامل قد يكون سلبى أو إيجابى طبقاً للمواد المنقولة وعناصرها وتركيزها في البيئة الزراعية الجديدة .

٦- سرعة الرياح تؤدى إلى إحتكاك الأفرع بالثمار مما يؤدى إلى تساقطها وبالتالي يكون الفاقد في المحصول كبير .

ثانياً : التأثير الفسيولوجى

١- تزداد عملية النتح بزيادة سرعة الرياح وهذا يؤدى إلى حدوث خلل في التوازن المائى للنبات ، وبالتالي إذا لم يوجد رطوبة مناسبة في التربة يكون مصير النبات هو الذبول وقد يموت .

٢- تعمل الرياح الشديدة على جفاف مياسم أزهار النباتات (السائل السكرى الذى تفرزه المياسم ليساعد حبوب اللقاح على الإنبات) وهذا الجفاف

يؤدى إلى فشل عملية التلقيح حيث لاتنبت حبوب اللقاح مما يقلل نسبة العقد في الأزهار وبالتالي يقل المحصول .

٣- تؤثر الرياح الشديدة على درجة إنتشار النحل وبالتالي تقل عملية نقل حبوب اللقاح من نبات إلى آخر فتقل نسبة التلقيح الخلطى خاصة في النباتات أحادية الجنس ثنائية المسكن وبالتالي يؤثر على العقد الثمرى ويقل الإنتاج .

٤- زيادة سرعة الرياح تعيق إنتشار حشرات نحل العسل وتمنع خروجها من الخلايا مما يجعلها تحصل على غذائها من مخزون العسل الموجود في الخلية مع عدم تعويض هذا الإستهلاك وبالتالي يقل إنتاجية النحل .

٥- تعمل الرياح الشديدة على تحرك الأفرع وإهتزاز الثمار وتصادمها مع الأفرع مما يسبب بعض الخدوش والجروح لها ، وبالتالي تكن عرضة للإصابة بالأمراض سواء كانت فطرية أو بكتيرية .

٦- زيادة سرعة الرياح تعيق نمو النباتات حيث تؤثر على بعض العمليات الحيوية التي تتم داخل النبات بالإضافة إلى تكسير بعض الأفرع الغضة التي يعتمد عليها النبات في الموسم التالى كدوابر ثمرية ، ومن أمثلة ذلك نجد أنه في كاليفورنيا وجد الباحثون أن أشجار البرتقال تحتاج لنموها إلى فترة معينة وصلت إلى ٦ سنوات في المنطقة المعرضة للرياح بينما تصل إلى نفس المعدل من النمو خلال عامين فقط في المناطق الغير معرضة للرياح .

الباب السابع

الرطـــــوبة Humidity

يستخدم لفظ (رطوبة) للتعبير عن بخار الماء Water vapour الموجود في الهواء ، والمعروف أن بخار الماء يعتبر من مكونات الهواء متغيرة النسبة والسبب في ذلك أن هناك تبادل غازى مستمر بين الغلاف المائى والغلاف الهوائى بما يعرف بالدورة المائية . ويعتبر الماء من عجائب الطبيعة العظمى فهو المادة الوحيدة التي توجد في مكان واحد وفى درجة حرارة منخفضة على شتى الصور الثلاث للمادة . (الصلبة والسائلة والغازية) . فنجد مثلاً على سطح الأرض عند المحيطات القطبية الماء في صورته الغازية فوق المحيطات وعلى سطح المحيط يوجد الماء على صورة جليد وثلوج وأسفل هذا الثلج في الأعماق نجد الماء في صورته السائلة . كما نجد الثلاث صور للمادة من الماء في السحب العالية .

ويلعب بخار الماء في الغلاف الجوى دوراً كبيراً إذ أنه يتسبب في حدوث معظم الظواهر الجوية مثل الضباب والسحب والمطر والعواصف الرعدية كما أنه يلعب دوراً هاماً في عملية الإتزان الحرارى لجو الأرض .

وتختلف كمية بخار الماء في الهواء بإختلاف الزمان والمكان ويمكن التعبير عن رطوبة الجو بإحدى القيمتين الرئيسيتين " الرطوبة المطلقة أو الرطوبة النسبية " .

أولاً : الرطوبة النسبية Relative Humidity

وهى عبارة عن النسبة بين كمية بخار الماء الموجودة فعلا في الهواء إلى كمية بخار الماء التي يمكن أن يحتفظ بها الهواء عند نفس الضغط الجوى ودرجة الحرارة ويُعَبَّر عنها كنسبة مئوية .

وبإرتفاع درجة الحرارة تنخفض الرطوبة النسبية والعكس صحيح ، ولذلك تكون النهاية العظمى لمتوسط الرطوبة النسبية في الصباح الباكر . بينما النهاية الصغري تكون بعد الظهر . والمعروف أيضاً أن الإنتاج البشرى في أي بيئة يبلغ أقصى معدلاته عندما تتساوى كميات الحرارة المتولدة داخل الجسم الحى مع الحرارة التي تفقد عند سطحه الخارجي بطرق التبريد المختلفة مثل توصيل البرودة من الجو إلى سطح الجسم مباشرة بالملامسة ، ومثل حمل الحرارة الزائدة مع الدورة الدموية من داخل الجسم إلى خارجه حيث يتم تسريبها إلى الجو وفقدها فيه . ومثل التبريد بإفراز العرق وتبخيره، وتتضمن هذه العملية الأخيرة فقد كميات كبيرة من حرارة الجسم في البيئات الحارة غير الرطبة ، إذ أن السنتيمتر المكعب الواحد من العرق يستنفذ أكثر من ٦٠٠ سعر حرارى لتبخيره في درجات الحرارة العادية ويزداد معدل إفراز العرق بواسطة الغدد العرقية بإزدياد درجة حرارة الجو وأثناء القيام بأعمال عضلية . أما في البيئات الرطبة فإن رطوبة الجو تحول دون تبخر العرق ويبقى عامل التبريد هذا معطلا . وإذا ماتوفرت الحرارة والرطوبة معاً فإن درجة حرارة الجسم يمكن أن ترتفع رغم إفراز العرق بحيث تعلو حثيثاً فوق ٣٧ درجة مئوية ، وعندها يهبط إندفاع الدم تدريجياً وتزداد ضربات القلب ويصاب الإنسان بالحمى حتى إذا ماوصلت درجة حرارته ٤٢ تعرض لضربة الشمس القاتلة حتى ولم يكن معرضاً لأشعة الشمس المباشرة " أي في الظل " وهنا يجب المبادرة بتبريد الجسم بطرق صناعية .

وفى حالات الجو العادية عندما يشعر الجسم العارى تقريباً بالراحة التامة في درجات من الرطوبة متوسطها ٥٠ % مثلا من حالة التشبع إذا كانت درجة حرارة الهواء ٣٠ درجة حيث تصل متوسطات درجات الحرارة للجلد نحو ٣٣,٥م تقريبا . بينما تشعر الأجسام المغطاة بالملابس العادية بالراحة إذا ظلت درجة الحرارة تتفاوت بين ٢٧ – ٢٨ درجة مئوية ، حيث تصل

متوسطات درجات حرارة الجلد إلى نحو ٣٣,٥ درجة أيضاً ، وكلما إرتفعت درجة رطوبة الهواء فوق ٥٠ % كلما قَلّ الشعور بالراحة وبخاصة إذا وصلت الرطوبة إلى ٨٠ % من حالة التشبع حتى في الأجواء الباردة . وليس معنى ذلك أن الهواء الجاف تماماً أحسن حالاً ، فإن الفترات القصيرة من الجو الجاف تنشط الإنسان ، إلا أن دوام التعرض للأجواء الجافة يسبب آلام الرأس " الصداع " وجفاف الهواء يساعد على إحتمال أكثر درجات الحرارة تطرفاً مثلما هو في فصل الشتاء السيبيري (- ٤٠مْ) وفى الحرارة الصحراوية الشديدة ، عكس الهواء الرطب الذى أي إنخفاض أو ارتفاع طفيف في درجة الحرارة إحساس كبير به على الإنسان .

ولذا نجد أن الرطوبة النسبية وحدها لاتدل على الشعور الفسيولوجى الذى يحسه الإنسان دون الإرتباط بدرجة الحرارة . إذ أن الرطوبة النسبية بمقدار ٨٠ % وحرارة بين ١٠ – ١٥ مْ لايشعر عندها الإنسان بالضيق بينما نفس الرطوبة يشعر عندها الإنسان بضيق لو كانت درجة الحرارة ٣٠مْ أو -٢٠مْ فيشعر في الأولى كأنه في قفص زجاجى حار وخانق وفى الثانية كأنه في حمام جليدى . وإذا بحثنا في حالات التشبع نجد أن الهواء يعتبر مشبعا ببخار الماء عند درجة حرارة صفر مْ عندما تكون حمولته ٥ جم / م٣ بينما يكون مشبعاً عندما تكون حمولته ٣٠ جم /م٣ عند درجة حرارة ٣٠ مْ حيث أن ٥جم / م٣ على درجة حرارة صفر تمثلها رطوبة نسبية قدرها ١٠٠ جزء من مئة أي ١٠٠ % هواء مشبع ، ولكن ٥ جم /م٣ في درجة حرارة ٣٠ مْ تمثل رطوبة نسبية قدرها ٥ /٣٠ وهذه تساوى ١٦,٦ جزء من المائة أي ١٦,٦ % وهذه تعبر عن هواء جاف جداً وعموماً يعتبر الهواء جاف جداً عندما تكون رطوبته النسبية بين صفر – ٥٠ % وتعتبر رطوبته متوسطة عندما تكون رطوبته النسبية بين ٥٠ – ٧٠ % بينما تعتبر رطوبته شديدة جداً بين ٨٠ % و ١٠٠ % .

وبما أنه كلما إرتفعت درجة الحرارة تنخفض الرطوبة النسبية وكلما إنخفضت درجة الحرارة إرتفعت الرطوبة النسبية عند ثبات نفس كمية بخار الماء في الهواء ، لذلك تكون النهاية العظمى لمتوسط الرطوبة النسبية في الصباح الباكر وفى الليالى الباردة . بينما النهاية الصغرى تكون في ساعات بعد الظهر والأيام الدافئة ، ومن العناصر التي تساعد على تبريد الجسم أو تبخير العرق " الرياح " وفى العادة لايتم الشعور بالراحة في المناطق الحارة عندما يسكن الهواء ، إذ تقل قوة التبريد

ثانياً : الرطوبة المطلقة Absolute Humidity

وهى عبارة عن وزن بخار الماء الموجود في وحدة الحجوم من الهواء الجوى . فمثلا نقول أن الرطوبة المطلقة عبارة عن ١٥ جرام / م٣ .

وتتعلق الرطوبة المطلقة بحرارة الهواء وكذلك بكتلة الهواء ونلاحظ مايلى :

١- تتحكم الحرارة في قيمة الحد الأقصى للرطوبة المطلقة ، فعندما تكون درجة الحرارة ١٤ مْ مثلا يكون الحد الأقصى للرطوبة المطلقة والذى يمثل حالة التشبع هو ١٢ جم /م٣ من الهواء . ومن المعروف أيضاً أنه كلما إرتفعت الحرارة كلما إستوعب الهواء كمية إضافية من بخار الماء دون أن يصل إلى مرحلة التشبع ، فمثلا عند درجة حرارة -٢٠ مْ يكون الهواء مشبعا عندما تكون حمولته ١ جم /م٣ بينما تكون في درجة الصفر المئوى ٥جم /م٣ وفى درجة حرارة ١٤ مْ تحتاج ١٢جم /م٣ وفى درجة ٣٠ مْ تكون ٣٠ جم /م٣ . وهذه الأرقام تدل على بصفة عامة على السعة الرطوبية للهواء على درجات الحرارة المختلفة . ومن ذلك يمكن تفهم حقيقة أن الهواء القطبى لايمكنه أن يستوعب كمية بخار الماء التي يستوعبها الهواء المدارى . فأعلى درجات الرطوبة المطلقة تتحقق في المناطق المدارية الرطبة ٢٤جم/م٣ . وعلى العكس في

المناطق القطبية عندما تكون الحرارة سالب ٥٠مْ فإن الهواء لايستوعب أكثر من ٠,٠٣ جم/م٣ أي هواء جاف من الناحية العملية . ونتيجة لذلك يتضح أن كتل الهواء الباردة تعطى أمطار أقل بكثير من كتل الهواء الساخنة .

٢- تختلف كمية بخار الماء في الهواء على حسب مكان تشكيل ومرور كتلة الهواء هذه فوق سطح الأرض ، فكتلة باردة تتشكل فوق اليابسة وتنتقل فوقها تشحن بقليل من بخار الماء ، بينما كتلة باردة من أصل بحرى (أي تشكلت ومرت فوق البحار) تستطيع أن تصل إلى درجة التشبع . وكذلك كتلة الهواء المضطربة أو المتحركة بشدة فوق البحر تترطب بشدة لأن هذا يجعل مختلف جزيئات كتلة الهواء تمس سطح الماء وتشحن ببخار الماء على التوالي .

٣- لاتدل الرطوبة المطلقة على دلالات كبيرة غير مدى قدرة أو إمكانية إنزال المطر . كما أنها لاتعطى إنطباعاً أبداً عن الشعور بالرطوبة والجفاف . فقد ذكر أن الرطوبة المطلقة لاتقل مطلقاً في صحراء ليبيا عن ٥ جم/م٣ وهذا مايعادل القيم المعهودة في بريطانيا خلال الشتاء . ومع هذا فإن ظروف صحراء ليبيا لوحظ أنها تؤدى إلى جفاف شديد يكون سببا في تشقق الأظافر . وتقشر البشرة ، لأن الرطوبة المطلقة هذه تكون قليلة جداً عن الرطوبة التي تقترب من التشبع ، بينما نجد أن الشتاء في إنجلترا رطب جداً لأن ٥جم /م٣ تعتبر قريبة من التشبع .

التغيرات الطبيعية للماء في الجو

ذكرنا سابقا أن الماء يعتبر إحدى عجائب الطبيعة لوجوده بصوره الثلاث . الصلبة والسائلة والغازية في الجو ، وقد يتحول من حالة إلى أخرى تبعاً لكمية الحرارة في الجو . والمعروف أن بخار الماء يعتبر من مكونات الهواء متغيرة النسبة . والسبب في ذلك أن هناك تبادل غازى مستمر بين الغلاف

المائى والغلاف الهوائى ولذا تتغير نسبة بخار الماء في الجو من مكان إلى آخر بتغير درجة الحرارة وبعض العوامل الأخرى تبعا لما يلى :-

١- الإبتعاد عن خط الإستواء :

تصل كمية بخار الماء في هواء المنطقة الإستوائية أعلى قيمة لها حيث توجد أعلى نسبة تبخر ، بينما تصل كمية بخار الماء في هواء المنطقة القطبية أقل قيمة لها حيث توجد أقل نسبة تبخر .

٢- الإرتفاع عن مستوى سطح البحر :

كلما إرتفعنا عن مستوى سطح البحر كلما تناقصت كمية بخار الماء في الجو نظراً لتكاثفه أو تساميه .

٣- **توزيع اليابس والماء** :

توزيع الماء على الكرة الأرضية له أثر كبير في توزيع ونسبة الماء في الجو . فالبحار والمحيطات هي المناطق التي يكون بها أقصى قدر من التبخر ، والهواء فوق البحار يكون مشحوناً بالرطوبة بصفة عامة أكثر من أي مكان آخر ، كما يكون عليها أكبر قدر من الغيوم عادة . وهذا الأمر يساعد على تخفيف التغير في درجة الحرارة في المناطق البحرية، بينما يوجد فوق اليابس وبعيد عن البحار أدنى حدود من الرطوبة الجوية ، وقد وجد في واحة الكفرة في الصحراء الكبرى بليبيا أن مقادير الرطوبة المطلقة حيث تبلغ ٩,٨ جم/م٣ وأن الرطوبة النسبية تبلغ ١٧٪ وفى مثل هذه الدرجة نجد أن الماء الموضوع في إناء يتبخر خلال بضع ساعات ، كما تتشقق الشفاه والأظافر .

٤- **تغير كمية بخار الماء أثناء اليوم ومن فصل لآخر** :

تختلف كمية بخار الماء الموجودة في الهواء خلال أوقات اليوم الواحد وأثناء الفصول وذلك لإختلاف درجات الحرارة فنجد أنها تصل نهايتها العظمى بعد الظهر في فصل الصيف حيث ينشط التبخر بينما تصل أقل

قيمة لها عند الفجر في فصل الشتاء حيث تكون أقل درجة حرارة أثناء اليوم .

البخـــــر Evaporation

هي عملية يتم فيها تحويل الماء من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية ، وهذه تحتاج إلى كمية من الحرارة ، ويتوقف سرعة حدوثها على درجة حرارة الماء . وبالنسبة لدرجة حرارة معينة فإن البخر يعتمد أيضا على الرطوبة النسبية في الهواء الملاصق لسطح الماء .

ويختلف البخر Evaporation عن التبخير Vaporization الذى يحدث نتيجة رفع درجة حرارة السائل بينما التبخر يحدث في درجات الحرارة العادية للسائل ، والمعروف أن المادة في حالة السيولة تكون جزيئاتها أكثر تماسكا وقوى التجاذب بينها أكثر شدة منها في الحالة الغازية ، إلا أن الجزيئات القريبة من سطح السائل تكون ذات قوة دافعة للإفلات من جذب الجزيئات الأخرى المجاورة لها فتحاول الفرار إلى الجو ، أي أنها تتبخر مكتسبة الطاقة اللازمة للإفلات (الحرارة الكامنة للتبخر) من السائل نفسه فتنخفض درجة حرارته ، وتبلغ قيمة حرارة التبخر الكامنه ٥٨٠ سعر حرارى لكل جرام من الماء .

وكلما كان سطح السائل المعرض أكثر إتساعاً كان التبخر أكثر سرعة حيث تزداد الفرصة أمام الجزيئات للإفلات ويحدث ذلك أيضاً كلما كانت درجة حرارة السائل أكثر إرتفاعاً حيث تزداد طاقة حركة الجزيئات . وكلما كانت حركة الهواء أكثر نشاطاً . حيث تعمل على حمل جزيئات البخار بعيداً لتتيح لغيرها فرصة الإفلات .

البخر نتح Evapotranspiration

من الحقائق الثابتة أن معظم الماء الذى يمتصه النبات من التربة يخرج من الأوراق على هيئة نتح Transpiration بينما تستخدم كمية

ضئيلة جداً منه في تكوين غذاء النبات . وعلى هذا الأساس يمكن إعتبار أن التربة عبارة عن خزان يستقبل الماء الوارد من المطر الساقط أو الري ، ويفقد جزء من هذا الماء عن طريق البخر من سطح التربة أو الماء ، بينما يمتص النبات الغالبية العظمى من الماء الوارد ويضيفه للهواء الجوى عن طريق النتح .

ويسمى التأثير المشترك لفقدان المياه عن طريق النتح والتبخر المشار إليها بالبخرنتح . وهو عملية إنتقال الماء من التربة المنزرعة بالنباتات إلى الهواء الجوى ، سواء كان الإنتقال مباشرة كما هو الحال في البخر أو عن طريق غير مباشر كما يحدث في النتح . أي أنها عكس عملية الهطول التي فيها ينتقل الماء من الجو إلى الأرض . وتُعَبِّر كمية البخر نتح هذه عن إحتياجات النبات من الماء . وكلما إزداد توفر الماء في التربة إزدادت كذلك كمية الماء التي تفقد عن طريق البخرنتح . وعلى ذلك فإنه لايمكن الحكم على مناخ أي إقليم بأنه رطب أو جاف من معرفة كمية الأمطار التي تسقط عليه فحسب ، ولكن تدخل في الإعتبار كمية المياه التي يحتاج إليها النبات ، والقيام بعملية البخر نتح . فإن تعدت كمية الأمطار كمية البخر نتح إعتبر الإقليم رطباً ، وإن قلت عنه إعتبر الإقليم جافاً . وإذا كانا متعادلين تقريبا سمى المناخ متوسط الرطوبة ، ويجدر بالذكر في هذه المرحلة أن نميز بين كمية المياة التي تفقد عن طريق البخر نتح وكمية التبخر . ويتوقف نمو المزروعات في أي منطقة على التوازن المائى بين كمية المياه المفقودة بالبخرنتح وكمية المياه المضافة لهذه المزروعات خلال موسم النمو .

التكاثف " التكثيف " Condensation

هو عبارة عن عملية تحويل بخار الماء الموجود في الجو من حالته الغازية غير المرئية إلى حالته السائلة المرئية ، فهو إذاً العملية العكسية

للبخر ، ويصحب ذلك إنطلاق الحرارة الكامنة للبخر . وهناك عدة صور مألوفة للتكاثف في الجو منها :-

الضباب – الشابورة – الندى – الصقيع – المطر – السحب – البَرَدْ – الثلج – الجليد . وكل من المطر والبَرَدْ والثلج يمكن أن يطلق عليهم إسم الهطول ، لأنها تتساقط أو تهطل من السحب إما منفردة أو مصحوبة ببعضها البعض . ويحدث عادة تكاثف لبخار الماء في الجو إذا توفر عنصران هما :

١- وصول الهواء لدرجة التشبع فيميل للتخلص من البخار الزائد .

٢- توافر نويات التكاثف في الجو

Nucleus of condensation in air

ويعرف التشبع Saturation بأنه عدم مقدرة الهواء على حمل أي كمية أخرى من بخار الماء ولذا يحدث بعده التكاثف ، وتعرف درجة الحرارة التي يتشبع عندها الهواء بما فيه من بخار ماء بإستمرار تبريده (بدرجة الندى (Dew point) . ويمكن الوصول بالهواء إلى حالة التشبع في الطبيعة عن طريق :-

١- زيادة كمية بخار الماء الموجود في الهواء إلى الكمية اللازمة لتشبعه مع بقاء درجة حرارة الهواء ثابتة . ويندر في الطبيعة أن تتوافر هذه الظروف إلا إذا مَرَّت كتلة باردة على سطح المحيطات أو البحار الدافئة ، ففي هذه الحالة من السهل أن يتشبع هذا الهواء بكمية بخار الماء الصاعدة من السطح المائى ويتكون مايعرف باسم دخان البحر Sea Smoke.

٢-تبريد الهواء بطريقة أو بأخرى إلى درجة أقل من نقطة الندى بحيث تصبح كمية بخار الماء الموجودة في الهواء كافية لتشبع الهواء . وهذه الطريقة الأكثر شيوعاً في الجو . وتحدث بإحدى الطرق الآتية :-

أ) تبريد الهواء بالتوصيل Conduction

وينتج عنه تكاثف محدود في صورة (ندى – صقيع – ضباب – شابورة) وذلك عندما يلامس أو يمر هواء رطب دافىء على سطح بارد درجة حرارته أقل من نقطة الندى للهواء .

ب)تبريد الهواء بالخلط Mixing

وينتج عنه تكاثف محدود في صورة " ضباب الخلط " وذلك عندما تختلف كميتان من الهواء أحدهما ساخنة والأخرى باردة وتكون الرطوبة النسبية لكل منهما قريبة من التشبع مما يؤدى إلى تكاثف بخار الماء لوصول الهواء الناتج إلى درجة التشبع في درجة الحرارة الجديدة للمخلوط .

جـ) التبريد الذاتي للهواء Adiabatic cooling

وينتج عنه تكاثف مستمر في صورة سحاب ، وذلك عندما تجبر كمية من الهواء على الصعود رأسيا في الجو حيث تتمدد نتيجة لإنتقالها إلى مستويات ذات ضغط أقل بإستمرار . وعندما تتمدد هذه الكمية من الهواء فإنها تحتاج إلى طاقة ، ولما كانت سرعة صعود هذه الكتلة لأعلى لاتتيح لها الفرصة بالتأثر بالجو المحيط بها لذلك يمكن إعتبارها معزولة حراريا عن ذلك الجو . بمعنى أنه لايمدها ولا تمده بالحرارة .ويكون الشغل المبذول نتيجة تمدد الهواء الصاعد على حساب الطاقة الداخلية للهواء نفسه . وبذلك تقل درجة حرارته ، ويسمى هذا التناقص في درجة حرارة الهواء الصاعد " بالتبريد الذاتي " ويقدر معامل التبريد الذاتي بمقدار النقص في درجة حرارة الهواء مع الإرتفاع بحوالي ١٠مْ لكل كيلومتر من الهواء الرطب غير المشبع أي الذى لم يصحب صعوده أي تكاثف ، أما إذا حدث تكاثف بسبب التبريد فإن معامل التبريد الذاتي يصبح ٦,٥ مْ لكل كيلومتر من الهواء الرطب المشبع .

ولكن ماهو الدور الذى تلعبه نويات التكاثف في هذه العملية ؟

والجواب أنه من الثابت علمياً أن أصغر نقط الماء حجما يلزمها مايزيد على ١٠٠ جزىء على الأقل من بخار الماء . وليس من السهل تجميع مثل هذا العدد إلا إذا تواجد مايجذب هذه الجزيئات ويبقيها متماسكة . وهذا هو عمل نويات التكاثف .

ولكن ماهى طبيعة نويات التكاثف ومن أين يتوفر في الطبيعة ذلك العدد الهائل من النويات ؟

والحقيقة أن كل ماهو مطروح كإجابة لهذا التساؤل ليس إلا مجرد فروض أو نظريات لم تتأكد بعد ويكاد يتفق علماء الطبيعة الجوية على أنه لايشترط أن تكون جميع هذه الأنوية من مادة واحدة ، ولكن المهم أن تتوفر فيها صفة التميع Hygroscopic أي لديها القدرة على جذب جزيءات الماء جذباً كيماويا ، كما أن العمليات التي تنتج هذه النويات لابد أن تعمل بإستمرار أما العمليات التي لاتعمل بإستمرار فهذه يمكن أن ننظر إليها كعمليات مساعدة .

النظرية الأولى :

تقول هذه النظرية أن نويات التكاثف هي "نويات حامضية " فحامض النيتريك يمكن أن يتكون في الجو من النيتروجين والأكسجين وبخار الماء وذلك بفعل البرق والتأين الذى تسببها الأشعة الكونية والمواد المشعة أو بمساعدة غاز الأوزون كعامل مؤكسد ، كما أن حامض الكبريتيك يمكن أن يتكون أيضاً في الجو ، ففي دخان الفحم كميات كبيرة من ثانى أكسيد الكبريت الذى يتأكسد بفعل ضوء الشمس فيتحول إلى ثالث أكسيد الكبريت الذى يمتاز بدرجة كبيرة من التميع لتكوين قطيرات من حامض الكبريتيك .
كذلك حامض الكربونيك يمكن أن يتكون بنفس الطريقة حيث يتحد ثانى أكسيد الكربون ببخار الماء ليكون حامض الكربونيك الذى يعمل أيضاً على تجميع جزيئات الماء .

النظرية الثانية :

تقول هذه النظرية أن نويات التكاثف هي "نويات ملحية " فقد ثبت أن نسبة الكلوريد في قطرات الماء المتجمعة من المطر تكاد تكون ثابتة في جميع أنحاء العالم .

أما مصدر الملح فقد أشارت النظرية إلى أن جزيئات الماء التي تترك سطح المحلول الملحى " في البحار أو المحيطات " أثناء عملية التبخر في درجات الحرارة العادية تحمل معها كميات ضئيلة جداً من الملح ، ومن الجائز أن إستمرار هذه العملية يهيء لنا مصدراً مثالياً للنويات الملحية . ولايخفى أن سطوح الصحراوات المغطاة بقشرة من الملح يمكن أن تكون مصدراً للنويات الملحية ، ولكن هذا المصدر للنويات يمكن إعتباره مصدراً مساعداً لأن ٧٠٪ من سطح الكرة الأرضية تغطيه المحيطات أما الصحراوات فلا تشغل سوى مساحات قليلة جداً لا تتعدى ١٧ % .

ولاشك أن ترجيح كفة هذه النظرية أقرب للصواب .

ومن أهم المصادر الأخرى المساعدة على توفير نويات التكاثف بالجو مايلى:

١- الفضلات والشوائب الناتجة من دخان المصانع

٢- الجراثيم وحبوب اللقاح المتطايرة في الجو .

٣- الرماد المتخلف عن فضلات الإحتراق من الأخشاب وأنواع الوقودالأخرى ومخلفات الطائرات .

٤- جزيئات حطام الشهب والنيازك وكذلك الغبار الذرى الناتج من التجارب الذرية .

٥- ذرات المواد المتطايرة من مخلفات الإنسان والنبات والحيوان .

٦- ذرات الغبار والرمال الدقيقة المعلقة في الجو واليود المتطاير من البحار والمحيطات .

صور التكاثف

١- النـــدى Dew

هو عبارة عن قطرات مائية صغيرة تظهر في الصباح الباكر على الأسطح الصلبة للأجسام الباردة القريبة من سطح الأرض .

ويتكون الندى إذا ماهبطت درجة حرارة الهواء الملامس للأجسام الصلبة الباردة القريبة من سطح الأرض إلى مادون نقطة الندى ، فيؤدى ذلك إلى تكاثف جزء من بخار الماء الذى يحويه هذا الهواء .

ويساعد على تكوينه صفاء الجو وخلو السماء من السحب لأن ذلك يسهل تسرب الإشعاع الأرضى ، وكذلك يساعد على تكوينه الجو الهادىء (ذو الرياح الساكنة) لأن الرياح تسبب خلط الهواء وعدم برودة الطبقة الملامسة للأسطح المذكورة إلى مادون نقطة الندى . وقطرات الندى هذه قد تكون ذات فائدة خاصة للنباتات الصحراوية والبيئات الجافة حيث تعتبر مصدر أساسى من مصادر المياه اللازم لتلك النباتات .

٢- الشابورة Mist

وهى عبارة عن قطيرات مائية صغيرة متعلقة في الهواء الجوى يتسبب عنها هبوط مدى الرؤية بحيث لايقل عن الف متر .

وتتكون الشابورة عندما تنخفض درجة حرارة الهواء كله بفعل الإشعاع الحرارى أثناء الليل إلى مادون نقطة الندى . وعندئذٍ يحدث تكاثف لبخار الماء حول نويات التكاثف المنتشرة في الجو ، ويساعد أيضا صفاء السماء وهدوء الجو على تكون الشابورة المائية مع توفر شروط ارتفاع الرطوبة النسبية وتوافر نويات التكاثف .

٣- الضباب Fog

عبارة عن قطيرات مائية صغيرة عددها كبير معلقة في الهواء تختلف عن الشابورة في أنه يتسبب عنها هبوط مدى الرؤية إلى أقل من ألف متر

ويتكون ضباب الإشعاع بنفس الطريقة التي تتكون بها الشابورة المائية .
كما أن هناك ضباب المدن حيث يكون أكثر كثافة وأكثر إظلاماً وأطول مكوثاً . فقد يمكث أيام متوالية وذلك بخلاف الضباب العادى الذى يتلاشى بارتفاع درجة حرارة الهواء .
ويتكون ضباب المدن Smoket Fog في جو المناطق الصناعية الملىء بالغبار والغازات السامة مثل ثانى أكسيد الكربون وثانى أكسيد الكبريت ويكون أكبر كثافة لتوفر عدد كبير من نويات التكاثف ولا ينقشع إلا إذا قابل إنخفاضاً جوياً يثير الرياح فيعمل على إزالته ، ويعتبر ضباب لندن الشمهور أحسن مثال لذلك . كذلك ضباب القاهرة في نوفمبر وديسمبر ١٩٩٩م .
وكثيراً مايسبب الضباب تعطل حركة المرور وكثرة الحوادث ، ولذا نجد أن مصابيح السيارات في كثير من الدول ذات زجاج أصفر أو أحمر لأن الضوء الأصفر أو الأحمر أقل بعثرة ويمكن أن ينفذ أكثر في الضباب .
ولقد نجحت محاولات العلماء في تبديد الشابورة والضباب المتكون حول المطارات والموانئ والذى يعمل على تعطيل حركة الملاحة في كليهما وذلك بإستخدام الموجات فوق الضوئية .

٤- الصقيع Frost

هو عبارة عن بللورات ثلجية تتكون على الأسطح النباتية والأسطح الصلبة القريبة من سطح الأرض عندما تنخفض درجة الحرارة عن نقطة التجمد فتتكاثف أبخرة المياه العالقة في الجو إلى الثلج مباشرة .
وظروف تكونه هي حالات الجو الهادىء والسماء الصافية ، ويلعب الإشعاع الحرارى في تبريد سطح الأرض حتى تحت نقطة التجمد ويلاحظ أن ظروف تكونه كثيرا ماتكون هي نفسها ظروف تكون الندى إلا أن نقطة الندى يجب أن تكون دون الصفر ، حيث تتكاثف أبخرة

المياه العالقة في الجو إلى الثلج مباشرة وعادةً عندما تصل درجات الحرارة في ترمومترات الحشائش ٣مْ أثناء الليل يعطى ذلك إنذار بترسب الصقيع .

أهم مناطق مصر المعرضة لظهور الصقيع :

١- المنطقة الصحراوية في شبه جزيرة سيناء والمناطق المنخفضة في الغرب مثل منخفض القطارة لأن الإنخفاض النسبى في الأرض جعل منها شبه مستنقع جوى يتراكم فيها الهواء البارد في الشتاء ولا يزيد معدل النهاية الصغرى لدرجة الحرارة خلال الشتاء في أواسط هذه المناطق عن الصفر .

٢- منطقة المنيا ، وتمتد شمالاً حتى الفشن وجنوباً إلى ملوى .

٣- منطقة القرشية وميت غمر وتمتد غرباً إلى طنطا وشمالاً إلى سخا وشرقاً إلى السنبلاوين وجنوباً إلى قويسنا ويقل فيها معدل النهاية الصغرى عن ٥مْ .

٤- الوادى الجديد خصوصاً المنخفض المحصور بين نجع حمادى وإسنا في الشرق والواحات الخارجة في الغرب ولايتجاوز متوسط النهاية الصغري لدرجة الحرارة في هذه الأرجاء خمس درجات مئوية أثناء الشتاء ، كما توجد منطقة خامسة ثانوية حول إدفينا .

أضرار الصقيع :

يسبب الصقيع أضراراً في كثير من الأماكن الباردة لبعض المنشآت المعرضة للجو مثل أسلاك التليفونات والكهرباء التي يتم قطعها نتيجة لتراكم الصقيع عليها وثقل وزنه من جهة بالإضافة إلى تأثيره على إنكماش تلك الأسلاك من جهة أخرى .وفى القرى والبلاد الزراعية يؤثر الصقيع على المحاصيل الزراعية حيث يتسبب في خسائر فادحة لمعظم تلك المحاصيل

خاصة الورقية كالكرنب والسبانخ والبرسيم ، إذ أنه يتسبب في قتل النباتات بتمزيق أليافها عند تجمد العصارة الداخلية للنبات أو بمعنى أدق تجمد المياه التي تخرج في المسافات البينية للخلايا فيزيد حجمها فتعمل على تمزيق جدر الخلايا المجاورة فيؤدى إلى موتها أو تصبح عرضة للإصابة بالعديد من مسببات الأمراض النباتية . ويكون الصقيع شديداً إذا سبق ظروفه السالفة الذكر هطول الثلج ، إذ أن الثلج الذى يغطى الأرض يعمل دوما على تبريد سطحها . وفى مصر يتكون الصقيع الشديد نوعاً أثناء الليل عقب بعض حالات العواصف الشتوية خاصة عندما تنخفض درجة حرارة الجو الى مادون ٣مْ ويصحب هذه العواصف المطر المزدوج بالبَرَدْ وهو عند تجمده يكون طبقة ملساء من الجليد تعرف باسم الصقيع الزجاجى .



(شكل ٣٥) تأثير الصقيع على بعض النباتات

تأثير الصقيع على نمو الحاصلات الزراعية :

يشغل هذا الموضوع بال المزارعين في المناطق التي قد تتعرض للصقيع ، وذلك لأن الخسائر التي قد تنجم عنه تكون فادحة . ويتتبع مزارعى الموالح في بعض البلاد مثل جنوب كاليفورنيا في ولاية فلوريدا بإهتمام شديد للنشرات الجوية الزراعية وأخبار الصقيع وذلك إما من أجهزتهم الخاصة أو عن طريق محطات الإذاعة وأنباء الجو والصحف .

ويمكن حصر تأثير الصقيع على النباتات عندما تنخفض درجة الحرارة إلى ماتحت الصفر المئوى ، ففي هذه الحالة تتجمد المياه في المسافات البينية كم ذكرنا وقد تصل إلى بلزمة الخلايا ، وترجع النظريات المختلفة في هذه الحالة إلى :-

١- ضغط البللورات الثلجية على جدر الخلايا وعلى البروتوبلازم ومن ثم تمزيقها حيث يزداد حجم الماء المكون للثلج بين الخلايا ولا يجد أمامه سبيلا إلا الضغط على جدر الخلايا المحيطة .
٢- سحب المياه من داخل الخلايا الحية وتعطيل العمليات الحيوية بها .
٣- زيادة تركيز الإلكتروليتات وقد تترسب البروتينات فيعمل ذلك على تخثرها وبلزمة البروتوبلازم .
٤- يعتقد البعض أن معظم الضرر يحدث بعد إنصهار البلورات الثلجية .

وتميل الآراء الحديثة إلى إعتبار التأثيرات الميكانيكية للبلورات الثلجية في المسافات البينية أو في الخلايا ذات أثر فعال في فقدان المادة الحية لتركيبها الدقيق ولكثير من خواصها الحيوية . ويلاحظ أن وصول درجة حرارة الماء الى الصفر المئوى لايتبعه التحول إلى ثلج بل يجب أن تنخفض قليلا تحت الصفر وتبقى المياه بعد ذلك مدة لتتكون البللورات ، وبعدها ترتفع درجة الحرارة قليلا وتبقى على درجة الصفر بسبب إنطلاق الحرارة الكامنة عند

التجمد أو التبلور . كما أن وجود مواد وعصارات ذائبة بالمياه تخفض من الدرجة النهائية للتجمد عن الصفر، ومن الظواهر الحيوية التي تحدث بالنباتات عند إنخفاض الحرارة تحول النشا إلى مواد سكرية ومواد دهنية وهذا التحول يقلل من درجة الحرارة التي تتكون فيها البلورات الثلجية بالنبات. وإن لطبيعة المادة الحية بالخلايا ومدة تعرضها لدرجة الحرارة المنخفضة ومقدار محتويات الخلايا من الماء والمواد الغذائية والمعدنية المختلفة تأثيراً كبيرا في درجة مقاومة النبات للصقيع ، ويلاحظ أن لكل نوع النباتات درجة حرارة دنيا (صغرى) تحتها ينعدم النمو تقريباً ودرجة حرارة مثلى يحصل عندها أقصى نمو .، ودرجة حرارة عظمى بعدها يتوقف النمو ، وغالباً ماتكون لكل مرحلة من مراحل نمو النبات الواحد كنمو البادرات أو النمو الخضرى أو تكوين الثمار حدود مختلفة من هذه الدرجات الثلاث . وأول مايلاحظ عند إنخفاض درجة الحرارة قليلا عن الدرجة الصغرى توقف النمونتيجة لقلة النشاط العام لخلايا النبات ، ولكن إذا إزداد إنخفاض درجة الحرارة بعد ذلك تظهر على النباتات أعراض خاصة مثل جفاف أو إحمرار جزء من الأوراق أو كلها وقد يموت النبات كله خاصة الضعيف والصغير . كما تظهر على الثمار والأزهار بقع سوداء وقد تسقط وأحياناً يحدث في بعض الأشجار تصمغ بسيقانها وفروعها إلى غير ذلك من الظواهر .

ويمكن إجمالاً أن نرجع تأثير الصقيع وضرره إلى عاملين متداخلين هما :-

١-ضعف نشاط الخلايا وإخلال التوازن الدقيق للعمليات الحيوية المختلفة التي تحدث بالنبات ، فتضعف بذلك مقدرة المادة الحية بالخلايا على التخلص من المواد السامة التي تنشأ وتتكون دائما في الأنسجة ، فالمعروف مثلا أن العمليات المختلفة التي تحدث على الدوام بالنبات لها

نواتج ثانوية لابد من تحويلها إلى نواتج أخرى للتخلص منها . وإن تراكم مثل هذه المواد نتيجة لإخلال التوازن بين العمليات المختلفة يحدث الظواهر التي سبق الإشارة إليها ، وتلعب عوامل الوراثة دوراً كبيرا في درجة تحمل المادة الحية بخلية النبات لإخلال التوازن الذى ينتج من إنخفاض الحرارة .

٢- ضعف مقدرة النبات على إمتصاص المياه من التربة وبذلك يزيد مايفقده النبات من المياه في عملية النتح والتبخير عما تمتصه الجذور من الأرض وتكون نتيجة ذلك جفاف بعض أو كل أجزاء النبات وتتغير العمليات الحيوية المختلفة التي تجرى بالخلايا .

وقد تبين وجود نقص كبير في قدرة جذور نباتات المنطقة الحارة وشبه الحارة على إمتصاص الماء من التربة إذا إنخفضت درجة حرارتها . وقد يحدث أن تنخفض درجة الحرارة كثيراً ليلا ثم يعقب ذلك ارتفاع الحرارة بالنهار ، ومن ثم إزدياد عملية النتح بينما لاتقوى الجذور على سد حاجة النبات من المياه . ومما يزيد من تأثير هذه الظاهرة حركة الهواء وقلة الرطوبة الجوية . ويلاحظ أن الشعيرات الجذرية تتأثر جداً بإنخفاض درجة الحرارة ولا تسترد حالتها الأولى من هذه الصدمة بسرعة . والواضح من هذا أن وجود رطوبة كافية بالتربة يقلل من أضرار إنخفاض درجة الحرارة خاصة وأن الأرض في حالة وجود رطوبة كافية تقل درجة إستجابتها للتقلبات الجوية ولا تنخفض حرارتها كثيرا كالأرض الجافة . وكثرة الرطوبة وسكون الهواء يعملان على تقليل النتح من النبات . ومن المعروف أن بعض الخضروات إذا صادفت بذورها النابتة حديثا فترة صقيع فإن ذلك يقلل من نموها الخضرى ويسرع من إزهارها . وهذه الظاهرة يطلق عليها إسم " الإرتباع " .

طرق مقاومة الصقيع

١- حرق بعض المواد في مواقد خاصة لتدفئة الجو .
٢- تكوين سحب كثيفة من الدخان فوق الأشجار تمنع إنخفاض الحرارة بالإشعاع اثناء الليل .
٣- إدارة مراوح خاصة لمنع ترسيب الهواء البارد الثقيل بما يحمله من بخار ماء على أسطح النباتات ، حيث تعمل على تقليبه .
٤- الرى ، وذلك لأن الحرارة النوعية للماء كبيرة ، بينما حبيبات التربة حرارتها النوعية قليلة وبالتالي يرفع الماء من حرارة التربة والهواء الملاصق لها فيمنع تكوين الصقيع .

هل للصقيع فوائد ؟

يعتقد الكثيرون أن للصقيع بعض الفوائد وهذا الإعتقاد حقيقى ، ولكنه ينصب على المناطق التي لاتحظى بتكوين الثلوج على أراضيها . وفوائد الصقيع متمثلة في إنخفاض درجات الحرارة الى مادون نقطة التجمد وليس لتكوين بللورات الصقيع . أيضا تلك الفوائد ليست على كل النباتات ولكنها تتمثل في الأشجار الخشبية أو بمعنى أدق الفاكهة ذات النواه الحجرية والتفاحيات (الفاكهة متسساقطة الأوراق) كالتفاح والكمثرى والخوخ والبرقوق والمشمش والكريز .حيث تحتاج مثل هذه الأشجار عدد ساعات معين من درجات الحرارة المنخفضة لكسر طور السكون في البراعم الزهرية لتكوين الأزهار في بداية النمو ، وإذا لم تحصل تلك الأشجار على إحتياجاتها من درجات الحرارة المنخفضة تحولت البراعم الزهرية إلى براعم خضرية وتعطى الأشجار نمو خضرى على حساب البراعم الزهرية مما يقلل من كمية الإنتاج . ولذا فدائما يتوقع المزارعون بمحصول وفير من تلك الأنواع في حالة

تعرض الأشجار إلى شتاء قارص البرودة . عكس الشتاء الدافىء الذى ينبىء بمحصول ضعيف على الأشجار .

إذاً ظاهريا يبدو أن للصقيع فائدة ولكن الفائدة تعود إلى عدد الساعات التي تتعرض لها الأشجار في درجات حرارة منخفضة . وفى حالة الليالى التي يتكون فيها صقيع تقلل من عدد الساعات التي تحتاجها مثل تلك الأشجار حتى تتمكن من كسر طور السكون للبراعم الزهرية وإنتاج أزهار بدلا من إنتاج أفرع خضرية غضة جديدة على الأغصان .

٥- السحـــاب CLOUD

وهو عبارة عن ضباب في طريقة تكوينه لكنه يتكون بعيداً عن سطح الأرض ، فتتكون السحب من تكاثف بخار الماء على شكل مجموعات ضخمة من قطيرات الماء أو بللورات الثلج أو من قطيرات الماء والثلج معاً في طبقة أو كتلة من الهواء بحيث تكون قاعدتها غير ملامسة لسطح الأرض ، وتتكون السحب عندما تنخفض درجة حرارة الهواء بفعل التبريد الذاتي إلى مادون نقطة الندى مع توفر شرطان هما :-

١- أن يكون الهواء محتوياً على كمية مناسبة من بخار الماء .

٢- أن يكون الهواء محتويا على عدد كافى من نويات التكاثف أو التماسك لمكونات السحب .

وتتوقف كمية السحب وإنتشارها العمودى على قوة رفع الهواء إلى أعلى ومداه ، بالإضافة إلى درجة الغستقرار في الجو ، وعلى كمية الرطوبة المتوفرة للتكاثف .

وليس في سبح السحب العالية دليلا على إنعدام وزنها فالحقيقة أنها تتثاقل وتهبط نحو الأرض بفعل الجاذبية الأرضية ولا يعوقها من السقوط السريع

سوى تيارات الهواء الصاعد التي تعمل على حمل هذه المكونات ضد الجاذبية الأرضية .

وتلعب السحب دوراً رئيسيا في الظواهر الحرارية للغلاف الجوى . فعملية تكاثف بخار الماء تنطلق معها كميات كبيرة من الحرارة تؤثر في حركة الهواء . كما أن للسحب شأناً في توزيع الطاقة الإشعاعية الصادرة من الشمس والتي هي أساس حركة الرياح وكذلك الظواهر الجوية الأخرى . فالسحب تعكس بعض الأشعة التي تصل إليها من الشمس وتمنع وصولها إلى الأرض وتمتص جزء من هذه الأشعة . كما أنها من وجهة أخرى تبعث بإشعاعات إلى سطح الأرض ، ويتوقف على هذا التوزيع إستقرار الجو أو عدم إستقراره ويبدأ التكاثف عادة في الهواء الصاعد عند مستوى أفقى معين يعرف باسم "مستوى التكاثف " وهو يحدد مستوى السطح السفلى للسحب .

أما المطر فهو نقط من الماء أو بللورات الثلج أو منهما معاً كبر حجمها وإزداد وزنها وتكاثرت داخل السحب فتساقطت من القاعدة ويشتد سقوط المطر خاصة في مناطق ضعف التيارات الصاعدة . ومن السحب مايتكون من ارتفاع طبقة من الضباب عن سطح الأرض متأثرة بتيارات الحمل المحلية التي يولدها الإشعاع الشمسى بعد الشروق . ومنها مايتكون بمجرد الإشعاع الحرارى أثناء الليل من طبقة معينة من الهواء الرطب . ومثل هذه السحب تتواجد كلها في طبقات خاصة وتعرف باسم الطبقى . وهى كثيرة الشيوع في جو مصر السفلى أثناء أشهر الصيف خاصة ويبدأ ظهورها قبل الفجر عادةً وتستمر إلى مابعد الشروق .

الخصائص العامة للسحب

١- تختلف مكونات السحب بإختلاف درجة حرارتها ونوع نويات التكاثف الموجودة بها كالآتى :-

أ) عندما تكون درجة حرارة السحب أكبر من الصفر تتكون السحب من قطيرات مائية .

ب) عندما تكون درجة حرارة السحب بين درجة حرارة (صفر – الى سالب ١٢مْ) تتكون السحب من قطيرات ماء فوق مبردة .

جـ) عندما تكون درجة حرارة السحب بين درجة حرارة (- ١٢مْ) – (-٤٠ مْ) تتكون السحب من قطيرات ماء فوق مبردة وبللورات ثلجية جنبا إلى جنب .

د) عندما تكون درجة حرارة السحب أقل من (- ٤٠ مْ) تتكون السحب من بللورات ثلجية فقط .

٢- يتوقف الإمتداد الرأسى للسحب " أي قيمة السحاب " على القوة المسببة لرفع الهواء وعلى حالة الجو من حيث الاستقرار وعدم الاستقرار . ففي الجو المستقر يمتد السحاب رأسيا إلى المستوى الذى يقف عنده تأثير القوة الرافعة للهواء . أما الجو الغير مستقر فإنه يساعد الهواء على الصعود وبذلك يهيئ لإمتداد السحاب إلى ارتفاع عالى .

٣- يتوقف الإمتداد الأفقى لقاعدة السحاب ومدة بقائه في الجو على طبيعة القوة الرافعة للهواء المسببة لتكوين السحاب .

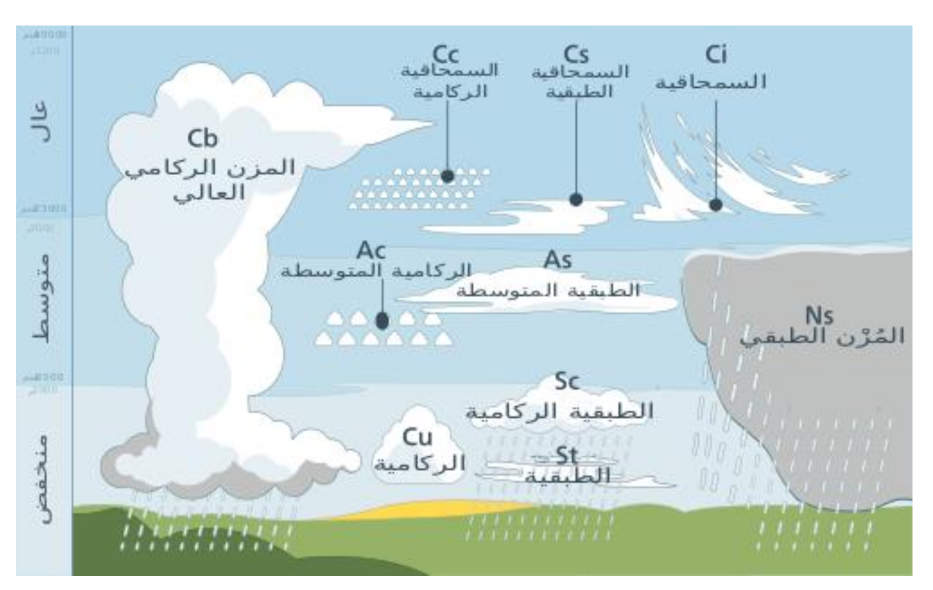
٤- تبقى السحب عالقة في الجو طالما كانت حركة الهواء الرأسية لأعلى قادرة على حمل قطيرات الماء وبللورات الثلج المكونة للسحب ، أما إذا عجزت هذه الحركة عن ذلك ، إما لضعف قوتها أو لإزدياد حجم مكونات السحاب فإن بعض هذه المكونات تسقط على شكل هطول .

٥- إن السحاب الذى يبدو للناظر وكأنه جسم ثابت في الجو هو في الواقع عبارة عن جسم تتجدد مكوناته من لحظة إلى أخرى نتيجة لعملية التبخر والتكاثف التي تحدث على الحدود الخارجية للسحاب .

وكذلك عمليات التكاثف والنمو التي تحدث بإستمرار داخل السحب ، كما أن هذه المكونات تكون في حركة بطيئة غير ملحوظة وأحيانا تكون ملحوظة للذين يتابعون السحب أثناء حركتها في الطبقة العليا .

تقسيم السحب

للسحاب أنواع عديدة تكاد لاتحصى ولا يتم حصرها ومَنْ منا لم يرقب السحب ويبصر وجوه البشر ورؤوس الحيوانات والجبال والجُزُر والطيور والسمك الهائل وأشكال الشجر والبحار والتلال ؟ وعندما يطلق الإنسان لمخيلته العنان فسيجد الاف الأشكال للسحب ولايمكن أن تتشابه سحابة مع سحابة أخرى ، كما أن شكل أي سحابة في تغير مستمر ، وكما أن الأشجار المتجاورة قد تتباين فشكلها فإن السحب كذلك نجدها متباينة .



(شكل ٣٦) أنواع السحب – وهى لاتوجد كلها في وقت واحد

ومنذ قرنين قام (ليوك هوارد) الإنجليزى الجنسية في ترتيب السحب وتقسيمها ، حيث عمد إلى تقسيمها لأنواع ثلاثة أساسية أطلق على كل نوع منها إسما لاتينياً حسب مظهرها أو كما تبدو للناظر إليها من سطح الأرض .

فسمى السحب العالية جداً التي تأخذ شكل الخطوط الرفيعة أو خصل الشعر باسم سحاب "السيرس " وهو السمحاق عند العرب . وسمى السحب البيضاء التي تتراكم وتنمو رأسيا بسحاب " الكيوميولس " وهو الركامى عند العرب ، أما السحب السنجابية التي تنتشر في طبقة واحدة ولا تنمو رأسيا فقد أطلق عليها " الستراتس " وهو الطبقى عند العرب . ومنذ ذلك الحين قسم العلماء السحب إلى عشرة أقسام ، وتم الاتفاق بين جميع الدول على تسميتها بأسماء معينة .

ويتم تقسيم السحب من حيث مناطق تواجدها وإرتفاعاتها إلى :-

١- **سحب عالية** : وهى السحب التي يزيد إرتفاعها على ٦كم ومناطق تولدها في طبقات التروبوسفير الوسطى والعليا . ومكوناتها عبارة عن بللورات من الثلج ، ولذلك فهى لاتحجب قرص الشمس وأشهر أنواعها السمحاق والسمحاق الطبقى والسمحاق الركامى .

السمحاق Cirrus

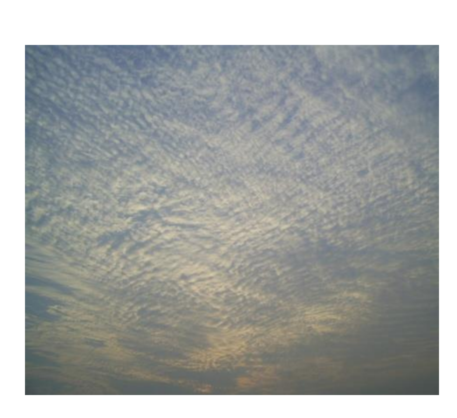
وهو عبارة عن سحب متقطعة حريرية شفافة نوعاً ، وتظهر بشكل خصلات رفيعة من الصوف أو القطن المندوف بيضاء اللون لاترمى ظلاً وتظهر هذه السحب في كل الفصول . وظهور السمحاق في السماء يدل على إقتراب موجه دافئة في الشتاء أو حارة في الربيع ، وهى تظهر في مجموعات أغلبها على شكل خصائل أو خيوط مفرودة أو ملتوية ، وهى من السحب التي لايسقط عنها هطول وقد يصاحبها في بعض الأحيان ظهور هالة شمسية أو قمرية .

السمحاق الطبقى Cirrus stratus



وهى سحب تظهر في شكل طبقة متصلة سميكة نسبيا تغطى أغلب السماء أو السماء بأكملها بلون اللبن وهى لاتحجب قرص الشمس أو القمر عند النظر إليه . ويحاط القرص معها بهالة من نور .

السمحاق الركامى Cirrus cumulus



وهذا النوع من السحب تتميز بأنها على شكل كريات صغيرة بيضاء تظهر في صفوف متراصة غالباً وأحيانا تأخذ الشكل المتموج المشابه للرمال على شواطئ البحار . وهذا النوع من السحب يعتبر أجمل أنواع السحب .

٢- سحب متوسطة الإرتفاع :

ويقل ارتفاع القاعدة فيها عن السحب العالية . وتتواجد على ارتفاع من ٢-٦ كم من سطح الأرض . ومكوناتها بللورات من الثلج مع نقط من الماء وأشهر أنواعها الركام المتوسط والطبقى المتوسط ، وتسمى أيضاً فوق الركامية وفوق الطبقية .

الركام المتوسط Alto – Cumulus

وهو عبارة عن كتل كروية الشكل تعطى ظلاً إذا كانت سميكة وتظهر في صفوف متراصة أو على شكل أمواج . ومن هذه السحب (الركامى



المتوسط القلعى) والذى يتميز لسطحه العلوى القلعى الشكل . وهو يسبب إقتراب عواصف الرعد وتغيرات الجو الفجائية ، أو إقتراب الموجة الباردة إذ يدل على عدم إستقرار تلك الطبقات من الجو ، ولا يسقط منها هطول

الطبقى المتوسط Alto stratus

وهى سحب رمادية أو زرقاء اللون تظهر على شكل طبقة متصلة تغطى أغلب السماء أو كلها . وتحجب الشمس إذا كانت سميكة أما إذا كانت رقيقة فإنه يمكن رؤية الشمس أو القمر خلالها ويكون القرص محاطاً بشبه إكليل فيه ألوان الطيف المرئى متداخلة وهذه السحب دليل على الجو الدافىء .



وقد يتساقط المطر أو الثلج أو كلاهما معا من الطبقى المتوسط أو من السحب المتوسطة الإرتفاع عموماً إلا أن أغلب هذا المطر يتبخر قبل وصوله إلى سطح الأرض لبعد المسافة بينها وبين قواعد هذه السحب .

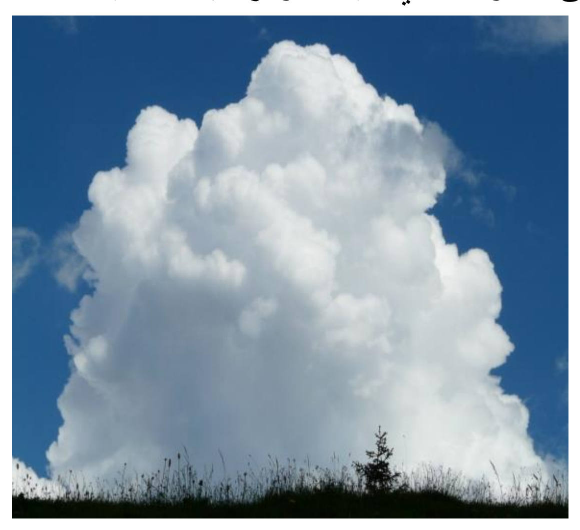
ومن أهم أنواع السحب المتوسطة الإرتفاع "السحب العدسية " لما بينها وبين العدسات المجمعة المعروفة من شبه شديد . وهى رغم ندرتها لها أهمية خاصة في تقدير عدم الاستقرار الجوى . كما أن منها مايتخذ شكل الأطباق وكثيراً ماسماها الناس خطأ بالأطباق الطائرة .

٣-سحب منخفضة

قد تصل قواعدها سطح الأرض خاصة في المناطق الجبلية . وأغلب مكوناتها نقط من الماء . وقد يتواجد الثلج في قمتها وأشهر أنواعها الركام أو المتجمعة . ومنه الركام المزنى والركام الطبقى والمزن الطبقى ومن أنواعها أيضا الطبقى .

الركـــام Cumulus

وهى عبارة عن سحب تتميز بظهورها في كتل متفرقة متفاوتة الحجم ولكنها ذات تكوين رأسى ملحوظ " أي أنها تنمو رأسياً " قممها محددة



المعالم أشبه شيء بالقباب أو رأس القرنبيط . أما قواعدها فأفقية مسطحة صغيرة مالم ينزل منها المطر فتتدلى حيث ينزل المطر ويتفاوت ارتفاع قممها تفاوتا عظيماً .

كما أن لون السحابة يختلف من الرمادى أو الداكن المعتم في القاعدة إلى الأبيض ناصع البياض عند القمة في الجانب المشمس . وعندما تنمو هذه السحب رأسيا تتحول إلى نوع آخر يعرف باسم (الركام ذو السندان) أو السحاب السندانى ، وفيها تشمخ السحابة كالجبل . لاتغطى السماء كلها عادة وشائعة في فصل الصيف ووجودها منتشر في سماء زرقاء صافية دليل على الطقس الحسن . ولكن عندما تنمو إلى سمك كبير تتحول إلى ركام مزنى تكون ممطرة بغزارة .

الركام المزنى Cumulonimbus

وهو عبارة عن كتل ضخمة من السحب الكثيفة المحتقنة ذات النمو الرأسى الملحوظ تأخذ كل منها شكل القباب أو القلاع الشامخة ، وتسمى بالركام ذو السندان ، وقد تظهر هذه الكتل كل منها قائمة بذاتها ومنعزلة عن الأخرى أو قد تلتحم ببعضها في صف متصل فتظهر إلى حد كبير على شكل الحائط العالى الكثيف ويميل لون قاعدته إلى اللون القاتم الشديد . وسحب الركام المزنى من السحب الممطرة التي غالباً ماتكون مصحوبة بعواصف رعدية وبرق وهى من السحب التي يسقط منها هطول من المطر أو البَرَدْ أو الشرائح الثلجية أو خليط منها جميعا .



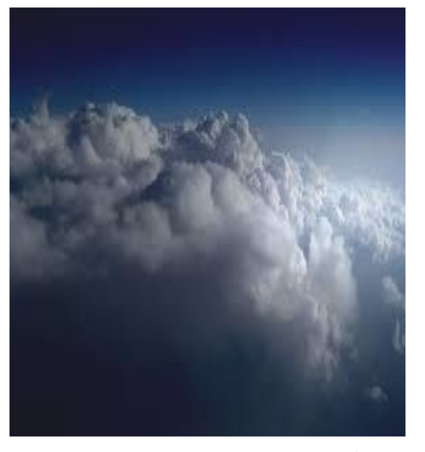
المزن الطبقى Nimbo stratus

عبارة عن سحب طبقية منخفضة تغطى أغلب السماء ، قد تختلط في تحديدها مع سحب الطبقى المتوسط أو الطبقى المنخفض وتحجب قرص الشمس والقمر تماماً بسبب كثافتها وسمكها التي تصل الى ١٨٠٠متر في السمك ولونها الرمادى الغامق . تتساقط منها الأمطار والثلوج بصورة غزيرة ومتواصلة ، وتعتبر من غيوم الطقس السيء .



الركام الطبقى Statocumulus

هو عبارة عن سحب رمادية اللون أو تميل إلى اللون الأبيض أو خليط منها تبعاً لدرجة كثافتها ، وغالبا ماتميل في بعض أجزائها إلى اللون القاتم وتظهر هذه السحب على شكل رقعة أو طبقة من قطع مربعة أو كروية أو أسطوانية الشكل على شكل لفائف . وغالبا ماتكون هذه القطع منتظمة الترتيب في صفوف أو



مجموعات ذات شكل تموجى ولكنه كثيراً مايتصل أو ماتتداخل في بعضها فتظهر على شكل طبقة متصلة من السحب ، ذات شكل تموجى ظاهراً أو على شكل طبقة متصلة من السحب ذات فجوات أو فتحات خالية من السحب يمكن تمييزها بوضوح حيث ترى زرقة السماء من خلالها . وهى من السحب التي لايسقط منها هطول ولكن قد يصاحبها أحيانا هطول خفيف الشدة من المطر أو الثلج أو منهما معاً .

الطبـقى Stratus

وهى سحب رمادية اللون بوجه عام قاعدتها متجانسة الشكل إلى حدٍ ما . ويمكن رؤية قرص الشمس أو القمر عبر الأجزاء الرقيقة منها ، وتشبه في مظهرها الضباب . وكثيراً ماتظهر هذه السحب نتيجة ارتفاع الضباب الملامس لسطح الأرض بتأثير حرارة الشمس أو الرياح الصاعدة أو كليهما ،



وهى من السحب التي قد يصاحبها أحيانا هطول خفيف الشدة من الرزاز على شكل متواصل غالبا أو متقطع .

والركام عموماً خلايا أو وحدات سحب متفاوتة الحجم . ولكن تنمو لتجود بالمطر تتحد خليتان أو أكثر لتكون الركام المزنى الذى يشمخ إلى عنان السماء كالجبال العالية وقد تصل قممها إلى ارتفاع سحب السمحاق .

وهذه السلسلة من خطوات التكوين والتآلف بين الخلايا يصفها القرآن الكريم ببساطة في سورة النور إذ يقول سبحانه وتعالى " ألم تر أن الله يزجى سحابا ثم يؤلف بينه ثم يجعله ركاماً فترى الوَدْقَ يخرج من خلاله وينزل من السماء من جبال فيها من بَرَد "

والسحب الركامية تثار عادة في حالات الطقس غير المضطرب إلا أنها تصاحب أحيانا أجواء العواصف ، أو تؤدى إليها . فعندما تصل قممها إلى إرتفاعات شاهقة مثل تلاتة أو أربعة أميال ويبدأ هطول المطر نسمع هدير الرعد كما نرى وميض البرق من آن لآخر .

الظواهر الضوئية المصاحبة للسحب

أحيانا تصاحب السحب بعض الظواهر الضوئية والتي يمكن عن طريقها تمييز أنواع السحب ، ومن هذه الظواهر :-

١- الإكليل Corona

وهو عبارة عن مجموعة مختلفة من حلقات ضوئية صغيرة متتابعة تظهر حول قرص الشمس أو القمر وغالباً ماتأخذ الحلقة الداخلية من هذه الحلقات وهى الحلقة الأقرب إلى القرص ، اللون البنفسجى أو اللون الأزرق أما الحلقة الخارجية وهى أبعد الحلقات عن القرص فغالبا ماتأخذ اللون الأحمر ، بينما تأخذ الحلقات التي تتوسطها ألواناً مختلفة من آلوان الطيف المعروفة . ويحدث هذا عندما ينعكس ضوء الشمس وينكسر داخل قطرات المطر منحلاً إلى ألوان الطيف .

وما يتضح للعيان هو قوس دائرى الشكل أو مايطلق عليه قوس قزح .
ومن شروط ظهوره هو أن تكون الشمس مشرقة في الوقت التي تنهمر فيه الأمطار .

٢- هالة Halo

وهى حلقة ضوئية يغلب عليها اللون الأبيض أو حلقات ضوئية بيضاء اللون تظهر حول قرص الشمس أو القمر على شكل دائرة غالبا ماتكون مكتملة التكوين . وهى ناتجة عن إنعكاس الأشعة على بللورات الثلج المكونة لسحاب السمحاق الطبقى الذى يعمل كغلاف يغطى السماء كلياً .

تأثير السحب على مدى الرؤية

تؤثر السحب على مدى الرؤية الأفقية أثناء الطيران . وتختلف الرؤية داخل السحب حسب غزارة قطيرات الماء أو بللورات الثلج الموجودة بها . وعلى العموم فإن الرؤية داخل السحب تكاد تكون معدومة ولاتزيد بأى حال من الأحوال عن ٢٠٠ متر مهما كان نوع وشكل السحاب . وتؤثر السحب في مستوى الرؤية أثناء إقلاع الطائرات وهبوطها . ولذا نجد أن بعض المطارات تغلق مجالها الجوى في حالة السحب الشديدة والكثيفة المتكونة عليها .

الهطـــــــــول Precipitation

آخر مرحلة في دورة الماء في الطبيعة وهو عكس عملية التبخر ، ويقصد به سقوط عناصر التكاثف من قطيرات الماء أو بللورات الثلج من السحب في الجو تجاه سطح الأرض نتيجة لإزدياد حجمها إلى درجة لايمكن لحركة الهواء الرأسية لأعلى من حملها في الجو . ويعتبر الهطول هو المرحلة الأخيرة لدورة بخار الماء في الجو .هذا وعند مغادرة عناصر الهطول قاعدة السحاب في طريقها إلى سطح الأرض فإنها تمر عادةً في جو غير مشبع ببخار الماء وبذلك يتبخر جزء منها قبل وصولها إلى سطح الأرض وتتوقف

كمية المياه المتبخرة من الهطول على درجة تشبع الهواء الموجود بين قاعدة السحاب وسطح الأرض .

ويتكون الهطول داخل السحب نتيجةلإزدياد حجم قطيرات الماء أو بللورات الثلج بالسحب بفعل بعض العوامل الطبيعية المساعدة . وليس نتيجة التكاثف المستمر لبخار الماء على تلك المكونات وهذا تفسره النظريات التالية :

١- نظرية التجمع .

عندما تصطدم قطيرات الماء المختلفة الحجم والسرعة في السحاب بعضها ببعض تتحد مكونة قطيرات كبيرة الحجم وعندما يصل حجم هذه القطرة وكتلتها إلى الدرجة التي لايمكن للهواء أن يحملها تأخذ في الهبوط ، وأثناء هبوطها داخل السحب فإنها تصطدم ببعض القطرات الصغيرة التي تقابلها في الطريق ويكبر حجمها .

٢- نظرية نمو بللورات الثلج

تعيش بللورات الثلج داخل السحاب فيما بين درجتى حرارة (- ١٢ ، - ٤٠مْ) جنبا الى جنب مع قطيرات الماء الفوق مبردة ونظراً لأن ضغط بخار الماء المشبع فوق قطيرات الماء أكبر من ضغط بخار الماء المشبع فوق بللورات الثلج عند أي درجة حرارة تحت الصفر . لذلك فإن قطيرات الماء يتبخر جزء منها ويتكثف على بللورات الثلج وبذلك يكبر حجم هذه البللورات وتنمو على حساب قطيرات الماء . وعندما يكبر حجمها إلى الدرجة التي لايمكن للهواء حملها تأخذ في الهبوط داخل السحاب وتصطدم أثناء هبوطها ببللورات الثلج الصغيرة وقطيرات الماء الصغيرة فتتحد معها ويزداد حجمها وتأخذ في هذه الحالة شكل الشرائح الثلجية ولا يظل هذا الثلج على شكله المتجمد إلا إذا كانت درجة حرارة الجو التي تهبط فيه حتى سطح الأرض أقل من الصفر .وفى حالة مرور الثلج في سحابة درجة حرارتها أعلى من الصفر فإنه يذوب ويتحول إلى

قطرات مائية بعد تعديها مستوى التجمد في السحاب ويكبر حجم هذه القطيرات لإصطدامها بقطرات أخرى فيما بين هذا المستوى وقاعدة السحاب كما في النظرية السابقة وتصل سطح الأرض على شكل قطرات من الماء .

أنواع الهطــول

١- هطول مــائي

وهو يتكون من قطرات مائية ويصل إلى سطح الأرض عندما تكون درجة حرارتها أكبر من الصفر بكثير ويشتمل على :-

أ) الرزاز Drizzle

ويتكون من قطرات مائية صغيرة الحجم جداً يقل قطرها عن ٠,٥مم تسقط متقاربة من بعضها وينتج عنها تدهور في مدى الرؤية الأفقية السطحية .ويسقط الرزاز على شكل متواصل أو متقطع من الضباب أو من السحاب الطبقى المنخفض .

ب) المطر Rain

قطرات مائية كبيرة الحجم تسقط متباعدة عن بعضها على شكل متواصل أو متقطع .

٢- هطول متجمد

وهو يتكون من بللورات أو كرات من الثلج ويصل إلى سطح الأرض نتيجة لتساقطه من السحاب الركامى ويكون على حالته الصلبة عندما تكون درجة حرارة الأرض أقل من الصفر ، إلا في حالة البَرَد حيث تؤثر درجة الحرارة على حجم البرد فيكون أصغر . ويشمل هذا النوع من الهطول الآتى :

أ) الثلج Snow

وهو عبارة عن شرائح ثلجية أو بللورات منفصلة على شكل نتف من القطن الأبيض . وقد تتجمع هذه البللورات وتسقط على شكل شرائح ثلجية ويؤثر هذا النوع تأثيراً كبيرا في مجال الرؤية السطحية الأفقية ومن الواضح أن الثلج لايمر بحالة السيولة بتاتاً . وإنما ينتج من تكاثف بخار الماء العالق في الهواء على صورة بللورات من الثلج مباشرة . وعندما يفحص الجليد تحت الميكرسكوب تبدو بللورات الثلج الصغيرة كالصفائح المختلفة الجميلة المنظر . ويندر أو يكاد يستحيل أن تتشابه بللورتان منه تشابهاً تاما . وقد نحصل على بللورة واحدة من إحدى صفائح الثلج الدقيقة الهابطة إلا أن الصفائح الكبيرة قوامها عدة بللورات . وكما ذكرنا في حالة المطر تتكون كل صفيحة حول نواه من نويات التكاثف تماما كما تتكون نقط الماء .

ونجد من ناحية أخرى أنه في الأجواء الباردة جداً تهب عواصف الثلج فيتساقط ثلج دقيق الحجم أو على هيئة مسحوق تذروه الرياح الشديدة فيتطاير في الجو ويملأ رئات الناس والحيوانات ويسبب لها الإختناق .

وعلى الرغم من أن الثلج قليل الوزن فهو يتراكم في المناطق الجبلية ويسد الطرق . ويكون آكاماً يتجمع عليها الثلج إلى إرتفاعات شاهقة تنهار في قوة وعنف فتقتلع الأشجار وتجرف أمامها المباني والمنشآت . وتصرف الحكومات ملايين الجنيهات في بناء الحواجز من أجل حماية المدن والطرق وخطوط السكك الحديدية من أخطار الثلوج المنهارة .

ب) البَرَدْ Hail

يختلف حجم حبات البرد إختلافاً كبيرا من حالة إلى أخرى ورغم أن أغلب مايهطل منها مايكون في حجم حبات الخرز إلا أنها قد تبلغ أحياناً حجم كرة البيسبول أو أكبر وأعظم ماسجل من حجوم حبات البرد تلك

التي رصدت في يوليو عام ١٩٢٨ ببوتر في نبراسكا ، فقد بلغ طول محيط الواحدة منها ١٧ بوصة كما بلغ وزن إحداها رطل ونصف (٦٠٠جم) وكانت الأغلبية في حجم الليمون الهندى "الجريب فروت " .
ومن السهل أن نستنتج أن البرد الكبير الحجم الذى من هذا النوع يضر كثيراً بالمحصولات ويكسر كثيراً من نوافذ المنازل ولقد قدر أن حبة البرد التي تبلغ قطرها بوصة ونصف تسقط بسرعة ٦٠ميلا في الساعة ، أما البرد الذى قطره خمس بوصات فإن السرعة التي يسقط بها تبلغ ١٢٠ميلا في الساعة ،وليس إذاً من المستغرب أنه حدث في الهند أن قتل البَرَدْ الجاموس في إحدى العواصف الشديدة .
وتبلغ قيمة التلفيات التي يحدثها البرد في المنطقة الوسطى من الولايات المتحدة الأمريكية ملايين الدولارات كل عام . وقد يحدث أن يتلف البرد المحصول إتلافا تاماً . فقد شوهد في إحدى الحالات التي تساقط فيها البرد بغزارة أن إنتزعت أوراق الشجر والنبات . ومن الطبيعى أن يتبادر إلى ذهننا سؤالا يحيرنا . مالذى يصنع هذه الكور الثلجية ؟ وما هو سر نموها حتى تبلغ من الكبر هذا الحجم الكبير ؟
وللإجابة على ذلك .نجد أن البرد يتولد في سحب عواصف الرعد . وإذا ما أتيح لنا أن نقطع حبة منه إلى نصفين أمكننا أن نتبين تركيبه الدقيق من طبقات بعضها فوق بعض مثل تكوين رؤوس البصل . إلا أن الطبقات تتكون في هذه الحالة على التوالي من الثلج الشفاف والجليد الهش . وهى تحدثنا عن قصة البرد وكيف نشأ كالآتى :-
بعد أن تتكون قطرات المطر تعمل تيارات الحمل الصاعدة على حملها إلى مناطق التجمد التي تتكون فيها بللورات الثلج داخل السحابة . فتتحول نقط الماء إلى ثلج ، كما تتجمع حولها أغشية من بللورات الثلج وتصبح بذلك أثقل مما كانت عليه . وإذا ماضعفت تيارات الحمل الصاعدة تبدأ

هذه المكونات النامية في الهبوط وترتطم بنقط الماء الموجودة في قاعدة السحابة ، وبذلك يتجمع حولها أغشية من ماء المطر . وتنشط تيارات الحمل من جديد وترفعها لأعلى فيتكون عليها أغشية أخرى من الجليد وبللورات الثلج قبل أن تبدأ في التساقط . وقد يحدث أن يحمل البرد على هذا النحو عدة مرات فينمو ويزداد حجمه كثيراً بحيث لايقوى الهواء على حمله في نهاية المرحلة . وعلى أية حال فإن مآل البرد إلى التساقط للأرض سواء كان حجمه كبيرا أم صغيراً .

الهطول المتميع

وهو عبارة عن بللورات ثلجية تحولت كلها أو بعضها إلى قطرات مائية نتيجة لإرتفاع درجة حرارة الهواء الملامس لسطح الأرض إلى أعلى من الصفر بقليل حوالى (٥ مْ) . وكذلك قد يكون عبارة عن مطر تجمد بعضه أو كله إلى حبيبات ثلجية بسبب مروره خلال طبقة من الهواء البارد قبل وصوله إلى الأرض وهو غالبا مايهطل ممزوجاً بنقط المطر .
أما المطر الذى يتجمد عقب سقوطه مباشرة على سطح الأرض يسمى بالجليد المصقول ، ويطلق على العاصفة التي تسببه إسم (عاصفة الثلج) وكثيراً ماينجم عن الجليد المصقول تلف بالغ في الأشجار وأسلاك الكهرباء بسبب عظم وزن الثلج المتراكم ، خصوصا عندما تتكون منه أغلفة سميكة . وكثيراً مايترسب الجليد المصقول خلال طبقة يبلغ سمكها بوصتين . وعندما يحدث ذلك تهوى الأغصان الكبيرة متثاقلة إلى الأرض كما تنقطع أسلاك الكهرباء والتليفون لنفس السبب وزيادة إنكماش معادنها.

المطـــــر Rain

يعرف المطر بأنه قطرات مائية مختلفة الحجم تتساقط من قواعد السحب الهطالة . ويسمى الدقيق منها رذاذ Drizzle ويختلف رجال الطبيعة

الجوية في تحديد حجم قطرة المطر إلا أنهم يتفقون في أنها تكون من الكبر بحيث تصل إلى الأرض دون أن يتم تبخرها . ولا يتحول كل المطر الساقط على الأرض إلى بخار ماء يتصاعد من جديد ، ولكن يمكن أن يحدث له أحد أمور ثلاثة تشكل معاً مايعرف بالدورة المائية الأرضية .

١- يستقر الماء حيث يسقط ثم يتبخر ويرتفع إلى الجو .

٢- يسرى الماء على هيئة روافد وأنهار تصب في البحار أو تخرج في صورة بخر نتح .

٣- يغوص في التربة متخللا طبقات الأرض ليكون الخزانات الجوفية أو تنبثق عنه الأرض مكونة العيون والآبار .

والماء الذى يسرى على السطح يبحث دائماً عن مستوى أقل . وتتجمع الأفرع المائية الصغيرة لتكون الجداول وهذه تتجمع لتكون الأنهار التي تسير عبر البلدان وتصب مياهها في البحار ، وهناك تتبخر من جديد ولا ينفذ الماء من مجارى الأنهار لأنها مبطنة بالطين والطفل . أما الماء الذى يتخلل طبقات الأرض فهو يسير في رحلة ربما تنتهى بعد بضع دقائق أو عدة سنوات . فقد يمتص بواسطة جذور النباتات أو يستمر في سيره إلى أعماق الأرض ، وفى هذه الحالة يمر بطبقات ذات رمال أو حصى قريبة من سطح القشرة الأرضية ويتخللها عندما يقابل طبقة طينية أو صخور غير مسامية فلا يستطيع التسرب رأسياً ولكن يجرى أفقياً على هذه الطبقة ربما مئات الأميال قبل أن يظهر على السطح ثانية على شكل آبار وعيون مائية ، أو يتجمع كمياه جوفية لفترة زمنية طويلة في الخزانات الأرضية ، ونظراً لأن المطر هو المصدر الأساسى إن لم يكن الوحيد للماء العذب على سطح الأرض فهو يبلغ من الأهمية درجة تجبر العلماء على الاهتمام بدراسته ، ولقد حاولوا الإجابة على سؤالين أساسيين هما :

لماذا لاتمطر السماء عندما تبدو الظروف مهيأة تماما لذلك ؟

لماذا لانستطيع مساعدة الطبيعة ولو قليلا لتجود السماء بالماء عندما تدعونا الحاجة إلى ذلك ؟

من الأزل والناس يحاولون معاونة الطبيعة في هذا الصدد ، فقديما كانوا يقدمون القرابين للآلهة سواء في الصين او عند الفراعنة حتى تساعدهم هذه الآلهة في إستجداء المطر كما كان الكهنة يقيمون الطقوس الدينية لجلب المطر أو لصناعته ، أما في عصرنا الحالي فيستخدم صانعوا المطر وسائل أخرى بالطرق العلمية الحديثة فنحن نعرف بعض الشىء عن المطر وأسبابه ، ولا نبنى وسائلنا من أجل صناعته على السحر والشعوذة ، كما أننا لانستهدف إرغام الطبيعة على عمل المستحيل ، وإنما نحاول أن نهيىء لها الظروف الملائمة لنزول المطر أو اللازمة لإستمطار السحب . ومهما يكن من شيء فإن المشتغلين بصناعة المطر لايؤمنون إيماناً راسخاً بأن البشر سوف يستطيعون في يوم من الأيام إنزال كميات كبيرة من المطر على مساحة واسعة . لأن قوى الطبيعة التي تتدخل في توزيع المطر على الأرض تبلغ من الضخامة درجة تتضاءل أمامها قوى البشر ، ولا سبيل إلى محاكاتها ولكى يغطى ميل مربع بمطر ارتفاع ١٠ بوصة معناه إستخدام ٧٢٣٠٠طن من الماء ، ولكى تغطى محافظة من المحافظات بماء المطر إلى ارتفاع بوصة واحدة معناه إستخدام من ٣ -٤ بلايين من الأطنان من الماء .ولقد قدر بالحساب أنه خلال كل ثانية واحدة ينهمر إلى سطح الأرض نحو ١٦ مليون طن من المطر والبرد والثلج . ومن البديهى أن هذه الكمية الضخمة كلها يجب أن يتم تبخيرها ورفعها إلى طبقات الجو العليا أولا بأول . وحتى إذا صادف وتكاثفت كل أبخرة المياه العالقة في الهواء الذى من فوقنا دفعة واحدة فإن المطر الناجم عن مثل هذه العملية لايزيد إرتفاعه على بوصة واحدة . ومعنى ذلك أن على الطبيعة أن تجلب فوقنا كميات وفيرة من الهواء الرطب بسرعة كافية من أجل إمدادنا بوابل من المطر .

ولكن ماذا نعنى بوابل من المطر ؟
لننظر اولاً في معنى المطر العادى ، ففي المتوسط تبلغ كميات الهطول بمتوسط ٢٠ بوصة فى العام وتزداد هذه النسبة في المناطق الحارة والتي يحمل هواؤها مقادير وفيرة من بخار الماء . ولذلك نجد أنها تصل في المتوسط إلى ٥٠ بوصة في العام ، كما ان هناك بعض المناطق تهطل عليها الأمطار بغزارة فمثلا يهطل أكثر من ٢٠ بوصة خلال ساعات قليلة في تكساس وهو القدر الذى ينزل عادةً في سان فرانسيسكو خلال عام .
كما نزل أكثر من ٣٠ بوصة خلال خمس ساعات في بنسلفانيا وأكثر من ٨٠ بوصة خلال ثلاثة أيام في جاميكا . ولعل أكثر بقاع الأرض مطراً مكان في الهند يقال له " تشرابونجى " ففي هذا المكان سقطت الأمطار بمقدار ١٠٠ بوصة في أربعة أيام و٣٦٦ بوصة في شهر من الشهور وأكثر من ١٠٠٠ بوصة في العام .
فما هو السبب الذى يجعل هذه الامطار الغزيرة تسقط على تشرابونجى ؟
والسبب هو هبوب تيار هوائى ساخن رطب يقبل مسرعاً من المحيط الهندى ليندفع فوق منحدرات جبل شديد الميل . فيتمدد الهواء ويبرد سريعا ، وتنخفض درجة حرارته تحت درجة التشبع بكثير فينهمر المطر بغزارة وبمجرد أن يتخلص الهواء من بخار مائه يرحل ليحل محله هواء آخر رطب لا يلبث بدوره أن يتخلص من رطوبته ويبتعد . وهكذا يستمر إنهمار المطر الغزير . وما هذا التيار في الواقع إلا جزء من رياح أسيا الموسمية العظمى التي تهب خلال الصيف مقبلة من المحيط الهندى قاصدة المناطق الداخلية في آسيا . ويبلغ متوسط المطر في أواسط الصيف أكثر من ١٠٠ بوصة في الشهر . وفى شهرى ديسمبر وديناير تهب الرياح على تشرابونجى من الإتجاه المضاد وتكون جافة تماماً فلا يهطل المطر سوى أقل من بوصة في الشهر .

ولذلك أو من هذه المعلومات ومعرفة الإختلافات في كميات الهطول من مكان لآخر وكذلك معرفة أسباب الهطول . فكر العلماء في إجراء عملية الإستمطار أو الحصول على المطر صناعياً ، فيعمدون أحيانا إلى الصعود في الجو بالطائرات لرش بللورات الثلج أو بعض المواد الكيماوية أعلى السحب إلا أنهم كثيراً مايلجأ هؤلاء إلى بث موادهم الكيماوية على هيئة دخان يصعد من مولداتهم التي تعمل من على سطح الأرض لينبت بين السحب ، وهم يطلقون على هذه العملية إسم " بذر أو تلقيح " السحب بالمواد الكيماوية . وهم بذلك يرجون زيادة الهطول . أو العمل على أن تتكاثف كميات أكبر من بخار الماء وأن تتساقط مقادير أعظم من النقط العالقة في السحابة إلى سطح الأرض .

وفى الطبيعة تقوم الرياح بعملية التلقيح هذه حيث تحمل جزيئات الملح الدقيقة التي تعمل كنويات تكاثف تتجمع حولها قطرات المياه وتتساقط إلى الأرض ويحدثنا القرآن الكريم في سورة " الحجر" عند قوله تعالى (وأرسلنا الرياح لواقح فأنزلنا من السماء ماءً فأسقيناكموه وما أنتم له بخازنين) صدق الله العظيم .

وتجارب إسقاط المطر صناعياً ليست جديدة وهى جزء من محاولات السيطرة على الطقس والتحكم في ظواهره المختلفة . ولكن المحاولات القديمة إستهدفت أنبل الأهداف لتوفير المياه في الأراضى التي تعتمد على الأمطار أو تغيير مناخ الصحارى وتحويلها إلى أرض خضراء تسهم في حل أزمة الغذاء العالمى .

ولقد حققت تلك التجارب نجاحاً ملموسا في بعض البلاد . ففي استراليا كما يقول عالم الأرصاد "مينز" إستفادت إحدى المناطق من هذا العمل حيث سقطت الأمطار بغزارة بعد حقن السحب بالمواد الكيماوية ، واستخدمت المياه المتجمعة في توليد الكهرباء وأنه ثبت بالفعل جدوى هذه التجارب في

المكسيك وجنوب إفريقيا وغرب الولايات المتحدة ،وقد إستطاعت جنوب إفريقيا أن تزيد كمية المطر بنسبة ٣٠ -٤٠ % .
وذلك بالنسبة للسحب التي تم حقنها بالأيوديد مقارنة بالسحب التي لم يتم حقنها .
وفى الفلبين تم إستخدام المطر الصناعى في إبريل ١٩٧٠م وسقطت الأمطار بعد فترة جفاف طويلة ، وتم إنقاذ محصول القصب من الهلاك ، ويقول تقرير منظمة الأرصاد الجوية العالمية أن الزيادة في الإنتاج بلغت ٣ مليون دولار مقابل ٥٠ ألف دولار تكلفة أو نفقات مشروع الأمطار الصناعية في الفلبين . كما أن دول جنوب شرق آسيا تعتمد عليه في مسألة التنمية المستدامة وتستفيد منه أندونسيا كثيراً
كما أن هذا المشروع يفيد في حالات كثيرة مثل :
١-الحصول على مطر خفيف من السحب المتكونة فوق المناطق الغنية بالغابات يكفى لترطيب الجو أو لتبليل الأشجار إذا ساد الجفاف المنطقة وإرتفعت درجة الحرارة مما يزيد من إحتمال نشوب الحرائق المدمرة .
٢-تبديد السحب فوق المطارات والموانىء لتسهيل حركة الملاحة الجوية والبحرية إذ تسبب كثافة السحب والضباب في إغلاق تلك الموانىء والمطارات .

ومما سبق نجد أن تلك التجارب تستخدم التحكم في الظواهر الجوية من أجل خير البشرية . ولكن سرعان مايستخدم التقدم العلمى كوسيلة من وسائل الدمار والتخريب للبشرية . فقد تم إستخدام منجزات علوم الأرصاد والتكنولوجيا الحديثة في الحرب المناخية في فيتنام والتي إعتمدت بصورة أساسية على الأمطار الصناعية . وقد إستعملتها القوات الأمريكية لعدة أغراض ،وقد أغرقت هذه الأمطار مكان التجارب نفسه . كما أنه تم

إستخدامها بواسطة الشرطة الأمريكية في تفريق المتظاهرين في أحد المظاهرات .

وتعتبر تجارب الأمطار الصناعية في الوطن العربى مازالت على نطاق محدود على الرغم من كمية السواحل التي تحيط بالبلاد العربية والتي تعرضها كثيرا لبعض الكتل الهوائية الرطبة التي تتحول إلى سحب بتمددها لأعلى . والحقيقة أن الحرب ضد الجفاف والمجاعة تسلط الأضواء وتعلق الآمال على هذه العملية في الزراعة ، وستكون لعملية الإستمطار قيمة أكبر عندما نفكر بجدية في زيادة الوارد من المياه إلى السواحل الشمالية وسواحل البحر الأحمر وشبه جزيرة سيناء . فالمرتفعات الموجودة في سانت كاترين تتكون عليها السحب المنخفضة وتظل فترة طويلة خلال مواسم الخريف والشتاء والربيع وبالتالي يمكن إستمطار تلك السحب وتوفير كميات هائلة من الماء لإستخدامه في الأغراض المختلفة . ولكن ذلك يحتاج إلى تكاتف جهود العديد من الوزارات لإنشاء بنية تحتية تستوعب مثل تلك الأمطار وتخزينها .

عواصف الرعد Thunder storm

العواصف هي أكثر الظواهر إثارة لنا في الرواية والقصة الخالدة التي يمثلها الجو بعناصره . وعواصف الرعد هي أكثرها حدوثاً وتكراراً أمام أعيننا . ففي كل يوم من أيام السنة يحدث منها على الأرض مايزيد عن ٤٠ الف عاصفة في المتوسط . وتكاد تنعدم هذه العواصف في المناطق القطبية . أما في الأقاليم الإستوائية فهى شائعة ومألوفة إلى حد كبير ، فعلى سبيل المثال في بَنَما وفوق جاوه يصل متوسط الأيام التي يحدث فيها الرعد حوالى ٢٠٠ يوم في السنة . وقد نجد أن اللحظة التي نتحدث فيها هذه أن هناك حوالى ١٨٠٠عاصفة رعدية تجوب أرجاء الأرض .

فما الذى يسبب الرعد ؟ وكيف يتولَّدْ ؟

في العادة تحدث عواصف الرعد عندما توجد فروق كبيرة في درجة الحرارة مابين الهواء الملاصق لسطح الأرض وطبقات الجو العليا . ويتم ذلك إما بتسخين الهواء السطحى عن طريق سطح الأرض الساخن .أو بتبريد الهواء العلوى تبريداً عظيماً .

والسبب في تكوين أغلب العواصف الرعدية على المحيطات هو التبريد الشديد للطبقات العليا . وفى أغلب المناطق الأخرى تنشأ عواصف الرعد أكثر ماتنشأ عن طريق تسخين الشمس لسطح الأرض ، ومن ثَمَّ تسخين الهواء الملاصق له .

ومن أسباب تكَوُّنْ هذه العواصف أيضا مرور تيار هوائى بارد تحت آخر ساخن رطب فيدفعه إلى أعلى . أو صعود الهواء الرطب فوق الجبال المرتفعة حيث يكون الهواء الملامس لسطح الجبل دافئا مما يتولد عنه فروق في الحرارة بين الهوائين .

فمثلاً في أمريكا تتولد عواصف الرعد بعد الظهيرة أيام الصيف الهادئة عندما تزداد رطوبة الجو بشكل ظاهر إذ يعمد الهواء الساخن إلى الصعود تحت تأثير تجمع الأهوية الباردة من حوله ، وعند ذلك تتكون سحابة ركامية بيضاء تشمخ إلى عنان السماء في سرعة فائقة . ولا تزال تنمو فى الإتجاه الرأسى حتى يبلغ سمكها ثلاثة أميال مثلاً . ويميل لونها إلى الإسمرار تدريجياً حتى تصبح قاعدتها معتمة مظلمة . وتتحرك هذه السحابة المخيفة نحو الشرق . وعلى حين غِرَّة نفاجأ بظهور وميض البرق منها ونسمع دير الرعد . وتهب نفحات شديدة من الهواء البارد مقبلة من العاصفة فتنحنى أمامها الأشجار الصغيرة . وتهدأ الرياح تدريجياً ويهطل المطر في رخات . وقد يصحبه هطول البرد، وتضىء السماء بوميض البرق المتتابع ونسمع

هدير الرعد الذى يلاحقه ، وفى العادة لايستغرق حدوث الرخات الشديدة أكثر من دقائق معدودة . كما يتحسن الجو بعد مضى ساعة أو ساعتين على الأكثر . وعندها تصفو السماء ويهب نسيم معتدل من الجنوب ليعود الأمن والسلام مرة أخرى .



(شكل ٣٧) بعض أنواع عواصف الرعد

ومن المعروف أن أغلب عواصف الرعد هي عواصف محلية لايزيد إتساع قطر الواحدة منها عدة أميال . إلا أنه قد يحدث تتابع لهذه العواصف في سلسلة على خط طوله ١٠٠ ميل أو أكثر . كما أنه يمكنها التحرك عبر مئات الأميال . وفى كثير من الحالات يكون خط سيرها جلياً واضحا ، إذ تتساقط عليه أمطار غزيرة ، بينما لاتتساقط الأمطار على مسافات قريبة منه .

وليس من العجيب أن نجد البرق والرعد هما أكثر مايلفت نظرنا في هذه العواصف . فلقد مرت عصوراً أخافت فيها تلك الظواهر البشر وأزعجتهم . ولقد ذهب الإغريق فيما ذهبوا إليه إلى أن ملك الآلهة الغاضب " زيوس " كان يقذف بالصواعق التي يصهرها له الحداد الأعرج "فالكان" . أما اليوم فكل شخص يعرف أن البرق ماهو إلا شرارة كهربية هائلة تخترق السحب والهواء الجوى ، أما الرعد فهو مجرد الصوت الناجم (دَوِىٌّ)عن التمدد الفجائى للهواء عندما ترتفع درجة حرارته إلى حوالى ١٣٠٠ درجة مئوية وبطبيعة الحال بعد أن يتمزق الهواء بالتمدد الفجائى يعود ليتجمع مرة أخرى محدثاً موجة صوتية هائلة .

والسؤال هنا ماسر تلك الشرارة الكهربائية الهائلة ؟ التي أرغمت الإنسان البدائى بالركوع على ركبتيه خوفا ورهبة ؟ .

والسؤال ذو شقين سر الشرارة الكهربية والثانى ركوع الإنسان البدائى . وسنبدأ بالشق الثانى وهو ركوع الإنسان البدائى لأنه لم يكن يعلم شيئا عن الكهرباء والطاقة الناتجة منها فخروج مثل تلك الشرارات أو الضواء بتلك السرعة الخاطفة من وسط السحب تجعله يخاف من غضب الطبيعة أو الآلهة طبقاً لمعتقداته . أما الشق الأول وهو سر تكوين الشرارة الكهربائية فيرجع ذلك إلى شحن نقط الماء التي داخل السحب وكذلك الهواء الذى من حولها بالكهربية ، وقد تشحن أيضاً مكونات السحب الثلجية كبللورات الثلج التي في القمة . وتنشأ عن هذه الشحنات ضغوط كهربية لاتزال تتراكم وتتزايد حتى لايقوى الهواء على عزلها فيتم التفريغ الكهربى بين الشحنات المختلفة في السحابة نفسها . أو بين السحابة وسحابة أخرى قريبة منها . وقد يتم التفريغ بين السحابة والأرض وفى هذه الحالة تسمى "صاعقة " وقد ينشأ عنها كوارث عظيمة . فكثيرا ماضربت الصواعق بعض الملاعب وأدت إلى وفاة

بعض اللاعبين . كما أنها تتسبب في حرائق الغابات التي تنشأ خاصة في الغابات الإستوائية أو غابات الأمازون والتي تؤدى بدورها إلى زيادة معدل التصحر ونقص شديد في الغطاء النباتى للأرض بالإضافة إلى كمية التلوث الشديدة التي تحدث أثناء إشتعال الحرائق فبعضها قد يستمر عدة أسابيع لإطفائها رغم وجود التكنولوجيا العالية وطائرات إطفاء الحرائق .

كما تسبب الصواعق بعض الخسائرفى المحاصيل النباتية مثل "مرض الساق الأجوف في الصليبيات" ويحدث أنه عند ضرب إحدى الصواعق لحقول الصليبيات (الكرنب والقرنبيط) فإنه يحدث تفريغ لنخاع الساق ، ومن المعروف أن تلك المحاصيل يتمثل إنتاجها في المجموع الخضرى الغزير النامى على تلك الساق سواء المحصول الورقى في الكرنب أو القرص الزهرى في القرنبيط ، فلا يستطيع الساق تحمل هذا الوزن فتتكسر سيقان تلك النباتات مما يمثل خسائر كبيرة في المحصول .

وقد تتمخض العاصفة الواحدة عن عدة آلاف عملية من عمليات التفريغ الكهربى (البرق) وقد يصل طول الشرارة نحو ميل كامل عندما يتم التفريغ بين السحابة والارض . أما طولها عندما يحدث التفريغ بين السحب فهو يزيد على ذلك كثيراً . وعندما تكون العاصفة قريبة منا لايصعب تمييز تفرع الشرارات وتعددها في كل إتجاه . وقد تستغرق الواحدة منها حوالى ثانية كاملة قبل أن يتلاشى وميضها . إلا أن أغلبها يتلاشى خلال فترات أقل من ذلك . وقد يحدث أحيانا أن يتعذر علينا رؤية الشرارة نفسها خاصة إذا كانت العاصفة بعيدة عنا . وكل الذى يحدث في مثل هذه الحالات أن تضىء السحب والسماء فجأة بنور يطلق عليه أحيانا إسم برق صحائفى أو " صحائف البرق"

أما الرعد فهو الصوت الذى يتم سماعه نتيجة التفريغ الكهربى فهو "يَهْدِرْ" يقعقع ويكركب تارة ويصفق تارة أخرى وقد يحاكى هديره في بعض الأحيان قصف المدافع في المعارك الحربية .

وما الهدير في الواقع سوى الصوت أو صدى الصوت أو صدى الرعد بين السحب . وعندما يحدث وميض البرق ويتبعه تصفيق فجائى فإن معنى ذلك أن العاصفة فوق الرؤوس . وبطبيعة الحال لايمكن رؤية البرق وسماع الرعد في آن واحد . لأن الضوء ينتقل بسرعة تصل إلى مائة ضعف لسرعة إنتقال الصوت . ولهذا يصلنا وميض البرق أولا . ويمكن حساب بعد العاصفة عنا بحساب عدد الثوانى التي تمضى بين لحظتى رؤية البرق وسماع الرعد . ولما كانت سرعة الصوت تستغرق خمس ثوانى لتقطع ميل واحد فإننا نجد أنه إذا كانت المدة التي تمضى بين رؤية البرق وسماع الرعد هي ١٥ ثانية تكون العاصفة على بعد ثلاثة أميال من مكاننا .

وعموما فإن عواصف الرعد غالبا ماتكون مبشرة بإنزال المطر بعد أن يكون قد طال إنتظاره خاصة في الصحارى والوديان .

وللبرق بعض المزايا منها شرارته التي تحول بعض غازات الجو حوله إلى غازات النشادر وأكاسيد النيتروجين . والتي تذوب في ماء المطر الذى يهبط إلى الأرض مما يعمل على تسميد التربة بالنيتروجين طبيعيا دون الحاجة إلى أسمدة صناعية . ولذا نجد أن النباتات بعد تلك الأمطار ذات نمو جيد لذا يستبشر المزارعون دائما بالمطر ويقولون أنه خير . لما يقوم به من تسميد مع توفير في الرى .

ولكن نضيف لأضراره تأثيره على المباني حيث يؤدى أحيانا إلى تهدم بعض المباني نتيجة للتفريغ الكهربى الذى يتم بين السحب والأرض حيث يؤثر على الضغط وتخلخله داخل المباني وخارجها . ولذا نجد أنه في تصميم جميع

المباني الشاهقة الإرتفاع وجود قضيب معدنى في قمة المبنى متصل بالأرض وذلك لتفريغ أي شحنة كهربية في الجو بالقرب من هذا القضيب الى باطن الأرض لمنع تكون الشرارة الكهربية ، ويطلق على هذا القضيب المعدنى إسم " مانعة الصواعق " .

التنبؤ الجوى

لابد أن نعرف أنه في أي يوم من الأيام يسود طقس الغد في مكان بعيد عنا . ولكنه يدنو منا رويدا رويدا دون أن نشعر ولكن لأن عناصر إنتقاله تكاد تكون ثابتة السرعة بدون عوائق فإنه يصل سريعا . فقد تصل سرعته إلى ٣٠ ميل في الساعة أي أقل من سرعة سيارة تسير في طريق طويل . ولكن يختلف الطقس في إنتقاله عن السيارة في كونه لايقف على أية محطات . بمعنى أنه في النهاية يكون قد قطع مسافة قدرها ٧٢٠ ميل خلال ٢٤ ساعة أي قد يمر على عدة دويلات خلال اليوم الواحد . وتنتقل بعض عناصر الطقس بواسطة الرياح وقد تتأثر تلك العناصر بالبيئة التي تمر عليها سواء كانت صحراوية أو بيئة زراعية أو بحيرات وبحار ومحيطات .

ولذا فإن عملية التنبؤ بالطقس أو التكهن به تعتمد في الأساس على خرائط الطقس التي هي في الأساس تعتمد على توزيعات للضغط والرياح ولكى نفهم ذلك لابد من إعداد خرائط كبيرة مرسومة لهذا الغرض تعطى صورة واضحة للطقس السائد فوق مساحة واسعة من الأرض ، ويلزم أن تكون هذه الصورة كبيرة الأبعاد لأن العواصف والحالات الأخرى التي ينجم عنها تغير الجو واضطرابه إنما توزع على مناطق واسعة متفرقة . فعواصف المطر الشتوية كثيراً مايصل عرضها حوالى ألف ميل ، أي قد يتعدى شمال جمهورية مصر العربية بالكامل فما هي المسافة التي قد نراها بالعين المجردة في هذه الحالة؟ ومهما إستخدمنا من أجهزة فلن نستطيع تحديد ذلك في حالة وضع الأجهزة في مكان واحد . ولكن وجود أماكن متفرقة على طول هذه المسافة وبها أجهزة تقيس العناصر الجوية ويتم رصدها وتسجيلها على الخريطة تعطى فكرة لرجل الأرصاد عن ربط تلك العناصر ببعضها .

ولقد حاول العلماء خلال أجيال عديدة التكهن بالجو عن طريق مايرصده شخص واحد ولكنهم أخفقوا . ونحن الآن نعلم سر إخفاقهم ، فهم لم يعرفوا أن الطقس ينتقل بعناصره من مكان لآخر . حتى في أمريكا كان الناس في الماضى يسخرون من فكرة إنتقال العواصف من مكان إلى آخر حتى عندما صَرَّحَ بذلك بنيامين فرانكلين . وفى أوروبا رغم أن عدداً من العلماء نادوا بهذه الفكرة ولكن لم يكن من السهل التدليل عليها أو إثباتها . وأخيراً عَمَدَ أحد العلماء الألمان إسمه " هنرى براند " إلى دراسة تقارير الطقس الفرنسية ومن ثَمَّ نشر بحثا أثبت فيه أن الطقس لا يقف ساكنا . وأنه يمكننا تتبع حركته على الخرائط . وهكذا أقنع العلماء بأنه إذا أمكن جمع معلومات رصد وافية بطريقة سريعة لرسم الخرائط أمكننا التكهن بتحركات العواصف وغيرها من التقلبات الجوية .

ولكن هذا الإقتراح تم تقديمه عام ١٨٢٠ ولم يكن التلغراف قد عرف بعد . فبدأ أمر جمع الأرصاد من مختلف البقاع بطريقة سريعة من المستحيلات أو حلما من الأحلام . أما اليوم فقد تلاشت هذه العقبة ، إذ يتم إرسال التقارير الجوية من بلد لآخر في لحظات ويتعاون العالم بأسره من أجل رسم خرائط الطقس . فهناك آلاف من محطات الرصد على الأرض وفى السفن البحرية كمحطات ثابتة في البحار والمحيطات يتم رصد العناصر بها بإستمرار دون توقف ويتم إرسالها إلى باقى المحطات في الدول الأخرى .

وليست مسألة إختلاف اللغات واللهجات بين الشعوب بمسألة مهمة في هذا المجال . فالجو شيء عالمى وله لغته الخاصة به . حيث يتم إرسال تقاريره في صورة مجموعات من الأرقام مرتبة على شفرة معينة يفهمها الجميع . ثم توقع هذه التقارير ويتم تفريغها على الخرائط بنفس الأرقام وبإستخدام رموز دولية . وعلى هذا الأساس نج أن خرائط الطقس المرسومة في تركيا والهند

واليابان وروسيا والسعودية ومصر وليبيا والجزائر والسويد والمكسيك وجنوب إفريقيا وباكستان وأستراليا وماليزيا وجميع الأقطار الأخرى كلها تُرْسَم وتُقْرَأ بنفس الطريقة التي تقرأ بها الخرائط الخاصة بالطقس في مصر أو إنجلترا أو أمريكا أو اليونان .

والتنبؤ بحالة الجو قد يكون قصير المدى أي من عدة ساعات إلى يوم أو يومين على الأكثر ومع التقدم العلمى قد يحدث التبؤ لفترات طويلة قد تصل إلى شهور . وقد نجح علماء الأرصاد في ذلك إلى حد كبير وكان لهذا النجاح أثره كقيمة علمية في مجالات الزراعة والطيران والملاحة البحرية كما كان له أثره في الكشف عن كثير من أسباب التقلبات الجوية .

وتنحصر فكرة التنبؤ الجوى في :

١- معرفة ماسيكون عليه التوزيع السائد للضغط الجوى بعد فترة معينة ، لأن الضغط الجوى دائم التغير قرب سطح الأرض ، وإختلافات الضغط من مكان لآخر هي التي تدفع بالرياح في حركتها .

٢- معرفة أو تحديد خصائص كتل الهواء التي تلازم التوزيع الجديد في طبقات الجو المختلفة عند سطح الأرض . أي أنه إذا أُرِيد معرفة الجو في مكان ما غداً فإن أول الواجبات هو معرفة توزيع الضغط الجوى في هذا اليوم على مسافة واسعة حول هذا المكان على الخريطة . لأن توزيع الضغط الجوى هو المحدد الأول لتحرك كتل الهواء ثم يأتي من بعده تقدير أو تحليل خصائص الكتل الهوائية التي ستتحرك وتسود المنطقة وتحديد تفاعلاتها مع بعضها البعض سواء بالقرب من سطح الأرض أو على إرتفاعات مختلفة .

ويجب أن يضع المتنبئ بالطقس دائما حساب المؤثرات الموسمية للمنطقة المتواجد بها في عين الإعتبار . ولهذا يلزم أن يكون لديه فكرة واضحة عن

مناخ المنطقة وأهم الظواهر الجوية التي تحدث فيها كل موسم ، وكذا متوسطات درجات الحرارة وخاصة النهايات العظمى والصغرى . فمن المعروف أن مايساعد على نجاح التنبؤات الجوية الخبرة المحلية والتتبع الدائم بالظواهر الجوية ومحاولة تفسير هذه الظواهر على أسس علمية صحيحة .

ويشغل التنبؤ الجوى أذهان الناس لما له من أهمية في رغبة الإنسان على الحفاظ لمصادر رزقه وصحته . وفى محاربته لكل مايعوقه عن الحياة في أمان . ومن الملاحظ هو إهتمام الناس بما تذيعه مصلحة الأرصاد من نشرات يومية عن الطقس بوجه عام . وفى بعض البلدان المتقدمة تذاع نشرات خاصة بالمزارعين لتحديد مواسم الزراعة والحصاد والتنبؤ بالأوبئة " الأمراض النباتية "والإستعداد لمقاومتها .

ونجد أن عمليات التنبؤ في تطور مستمر يتماشى مع التكنولوجيا المتاحة لهذه العملية . فبعد أن كان الاهتمام بعمليات الرصد اليدوية التي تتم في محطات الأرصاد بدرجاتها المختلفة مع إستخدام بعض الأجهزة المتاحة طبقا للإمكانيات . مع وجود العنصر البشرى كعنصر أساسى في عملية الرصد والذى قد ينتج عنه بعض الأخطاء الغير مقصودة ولكنها في النهاية قد تغير من المعلومات التي يتم تقديمها في النشرات الجوية . أما الآن فإن الأجهزة الإلكترونية حَلَّت مكان الأجهزة اليدوية وأصبح الكمبيوتر أساسى في تسجيل البيانات وتحليلها مع إمدادنا بالمعلومات المطلوبة من خلال الأقمار الصناعية التي تم إطلاقها في الفضاء لهذا الغرض والتي تغطى مساحات كبيرة من سطح الكرة الأرضية فأصبح التنبؤ بالطقس من أسهل الأمور التي تتم الآن وأصبحت معلوماته دقيقة بنسبة تتعدى ٩٩ % مما أعطى إنطباع لدى جميع الناس بأهمية متابعة النشرات الجوية ومعرفة مايتم توقعه من عناصر للطقس والتغير الذى سيحدث به خلال الغد أو الأيام القليلة المقبلة . وهذا يفيد الجميع

سواء كان المستفيد صاحب مصانع أو مزارع أو صاحب شركات تصدير وأستيراد أو إنسان بسيط سيجدد نوع ملابسه في الغد لتتناسب مع الطقس السائد طبقا لما أعلنته هيئة الأرصاد .

المراجــــــع

ALL ABOUT THE STARS

BY ANNE TERRY WHITE.

ALL ABOUT THE WEATHER

BY EVAN RAY TANNEHILL

END "COSMIC CATASTROPHE AND THE FATE OF THE UNIVERSE"

BY FRANK CLOSE

PALE BLUE DOT : A VISION OF THE HUMAN FUTURE IN SPACE .

BY CARL SAGAN.

محاضرات في الأرصاد الجوية ، د. عبد الغنى بدر بدر

محاضرات في الأرصاد الجوية ، د. يوسف السعيد سلامة عرب

أسرار الأرض ، ترجمة هاشم أحمد محمد .

الصحة والبيئة " التلوث البيئي وخطره الداهم على صحتنا "

د. محمد كمال عبدالعزيز

الإنسان وتلوث البيئة ، محمد السيد أرناؤوط .

المحتويات

المحتويات

رقم الإيداع
٢٠٠١/١١٥٩